

Doplňující údaje:

Rev.	Datum	Popis	Zpracoval	Kontroloval	Schválil
0	21.05.2014	první vydání	kolektiv	Ing. Hartman	Ing. Babič
				v.r.	v.r.
Objednatel:	SPRÁVA ŽELEZNIČNÍ DOPRAVNÍ CESTY, státní organizace Dlážděná 7/1003, CZ-110 00 Praha 1 web: www.szdc.cz			Souprava:	
Zhotovitel:	IKP Consulting Engineers, s.r.o. Jankovcova 1037/49, Classic 7 – budova C, CZ-170 00 Praha 7 tel: +420 255 733 111, fax: +420 255 733 605 e-mail: info@ikpce.com, web: www.ikpce.com				
Projekt:	Dopracování variant řešení ŽU Brno			Číslo projektu:	1 1 2 8 5 3
Kraj: Jihomoravský	Okres: Brno-město, Brno-venkov			Vedoucí projektu:	Ing. Tomáš Hartman
Obsah:	ČÁST E – DOPLŇUJÍCÍ DOKUMENTACE, ÚPRAVA TECHNICKÉHO ŘEŠENÍ VARIANTY B - PETROV E.4 Podrobné dopravně technologické posouzení varianty B - Petrov OVĚŘENÍ DOPRAVNÍ TECHNOLOGIE VARIANTY B SIMULACÍ PROVOZU			Stupeň:	studie
				Datum:	viz výše
				Archiv:	
				Formát:	100 A4
				Měřítko:	-
	Část:	E.4	Dokument:	002	

OBSAH:

1.	POJEM SIMULACE	6
1.1.	Cíle studie	7
2.	VYMEZENÍ ZKOUMANÉ OBLASTI	7
3.	TVORBA SIMULAČNÍHO MODELU	9
3.1.	Simulační software	9
3.2.	Infrastruktura	10
3.3.	Vozidla	11
3.4.	Jízdní řád	12
4.	NASTAVENÍ PARAMETRŮ SIMULACE	13
5.	METODIKA VYHODNOCENÍ VÝSTUPŮ SIMULACE	15
6.	SIMULACE „BEZ PORUCH A BEZ NEPRAVIDELNOSTÍ“	16
6.1.	Vyhodnocení simulace	16
6.2.	Shrnutí scénáře	21
7.	SIMULACE „S VLIVEM NEPRAVIDELNOSTÍ“	21
7.1.	Vyhodnocení simulace	21
7.2.	Jednotlivé výstupní hodnoty a jejich komentář	27
8.	ZÁVĚR	28
9.	POUŽITÉ PRAMENY	29

SEZNAM PŘÍLOH:

- Schéma simulačního modelu infrastruktury – varianta „B“
- Schéma simulované oblasti
- Splněné grafiky ze simulace „bez poruch a bez nepravidelností“
- Splněné grafiky ze simulace „s vlivem nepravidelností“
- Zobrazení jízd vlaků vybraných linek

SEZNAM OBRÁZKŮ:

Obr.1	Vymezení oblasti ověření simulací	7
Obr.2	Funkční schéma simulace	9
Obr.3	Průměrná míra obsazení kolejí a prvků zhlaví v prostoru hlavního nádraží	17
Obr.4	Průměrné hodnoty zatížení prvků v prostoru Brna-Židenic	17
Obr.5	Průměrné zatížení prvků v prostoru severního zapojení stanice Maloměřice	18

Obr.6	Simulační zatížení kolejí v prostoru hlavního nádraží (60 minutové maximum)	18
Obr.7	Simulační zatížení pro 60 minutové maximum v prostoru Židenic.....	18
Obr.8	Simulační zatížení pro 60 minutové maximum v prostoru Maloměřic St.3.....	18
Obr.9	Využití kapacity staničních kolejí hlavního nádraží.....	19
Obr.10	Obsazení kolejí stanice Brno hlavní nádraží konkrétními vlaky	20
Obr.11	Průměrná míra obsazení kolejí a prvků zhlaví v prostoru hlavního nádraží.....	23
Obr.12	Průměrné využití prvků v prostoru Brna-Židenic	23
Obr.13	Simulační zatížení kolejí v prostoru severního zapojení stanice Maloměřice	23
Obr.14	Hodinové maximální zatížení kolejí hlavního nádraží	24
Obr.15	Hodinové maximální zatížení kolejí nádraží Brno-Židenice.....	24
Obr.16	Hodinové maximální zatížení severního napojení stanice Brno-Maloměřice	24
Obr.17	Průměrné využití staničních kolejí stanice Brno hlavní nádraží pro sumu provedených simulací, zahrnující vlivy zpoždění.....	25
Obr.18	Obsazení kolejí hlavního nádraží jednotlivými vlaky pro případ výskytu výhradně středních hodnot vstupních zpoždění přese všechny zpožděné vlaky	26

SEZNAM TABULEK:

Tab. 1	Uvažovaná vozidla a soupravy obsluhující jednotlivé linky osobní dopravy, popřípadě charakterisující jednotlivé kategorie vlaků nákladní dopravy	11
Tab. 2	Minimální pobyty vlaků osobní dopravy ve stanicích a zastávkách (komerční pobyt)	12
Tab. 3	Minimální technologické časy použité v rámci simulačního procesu.....	13
Tab. 4	Doby taktu jednotlivých linek	13
Tab. 5	Pravděpodobnostní rozdělení zpoždění pro vstup do simulace [1].....	14
Tab. 6	Pravděpodobnostní rozdělení pro zdržení ve stanicích a zastávkách [1].....	14
Tab. 7	Vyhodnocování kvality provozu v závislosti na vztahu vstupního a výstupního zpoždění [1,3,4].	15
Tab. 8	Dosažené úrovně kvality provozu jednotlivých segmentů i celkově vlaků celé simulace; situace bez vlivu zpoždění.	16
Tab. 9	Dosažené úrovně kvality provozu jednotlivých linek, segmentů i všech vlaků dohromady jako výstup z provedené simulace provozu.....	22
Tab. 10	Průměrné hodnoty vstupního a výstupního zpoždění, dělené dle jednotlivých linek	27

Seznam zkratek:

DB	Deutsche Bahn
GVD	Grafikon vlakové dopravy
HV	Hnací vozidlo
ITJŘ	Integrální taktový jízdní řád
JMK	Jihomoravský kraj
JŘ	Jízdní řád
K_{prakt}	Využití praktické propustnosti v %
MD ČR	Ministerstvo dopravy České republiky
MMB	Magistrát města Brna
Odb.	Odbočka
PD	Přípravná dokumentace
RS	Rychlá Spojení (dříve užívaný termín VRT-vysokorychlostní trať)
SJKD	Severojižní kolejový diametr
S_o	Stupeň obsazení
SŽDC	Správa železniční dopravní cesty, s. o.
TK	^I Temeno kolejnice - nejvyšší bod na kolejnici (např. u nástupiště 550 mm nad TK) ^{II} Traťová kolej
TSI	Technická specifikace interoperability
TTP	Tabulky traťových poměrů
UIC	Mezinárodní železniční unie (franc. Union Internationale des Chemins de fer)
Vlak Ex	Expresní vlak
Vlak R	Rychlík
Vlak Sp	Spěšný vlak
Vlak Os	Osobní vlak
Vlak Pn	Průběžný nákladní vlak
Vlak Vn	Vyrovňávkový nákladní vlak
Vlak Mn	Manipulační nákladní vlak
Vlak Lv	Lokomotivní vlak
Vlak Sv	Soupravový vlak (bez přepravy cestujících, návoz/odstavení prázdné soupravy)
Výh.	Výhybna
Zast.	Železniční zastávka
Žst.	Železniční stanice
ŽUB	Železniční uzel Brno

1. POJEM SIMULACE

Simulace, jako slovo etymologicky pocházející z latinského *similis* (podobný), představuje zjednodušené zobrazení reality ve formě modelu, který je co možná nejpodobnější realitě co se týče hlavních souvislostí systému (statických i dynamických), díky čemuž umožňuje na základě svých vlastních výstupů činit spolehlivé závěry o skutečnosti samotné.

Cílem simulací v oblasti železničního provozu je tedy nikoliv samotná tvorba provozního konceptu a jízdního řádu, ale mají za úkol již hotový kompletní provozní koncept podrobně prověřit, a tedy prozkoumat chování systému na vybraném detailně zpracovaném úseku infrastruktury, který je zpravidla úzkým hrdlem a kritickým prvkem pro celý navržený provozní koncept a který má zásadní vliv na jeho praktickou funkčnost.

Zásadním faktorem, který do celého procesu vstupuje, je zpoždění. Vzhledem ke složitosti skutečného provozu a řadě velmi okrajových jevů a vlivů, čas od času dochází k jeho vzniku. Tento fakt standardní konstrukce jízdního řádu reflektují prostřednictvím přidání dodatečného (rezervního) času navíc, ať již přidané do jízdních dob či pobytů, které empiricky reflektují obecnou proměnnost vnějšího prostředí (zaměstnanců, cestujících, počasí atd.), ať již vědomě zanedbávanou či zcela neznámou.

Pokud dojde ke vzniku odchylek (zpoždění) ve vyšším rozsahu, než je disponibilní výše rezerv v daném místě a čase nebo je různě velkými odchylkami postiženo více vlaků, pozbývá v podstatě původně předpokládaný jízdní řád smysl z hlediska jeho precizního dodržování, pakliže je vůbec právě v úzkých hrdlech ještě realizovatelný. Problematiku chování systému v takovýchto situacích a odpovědi na související otázky řeší právě simulace železničního provozu.

Díky velmi detailnímu a opakovanému prověřování, kdy jsou buď zcela přesně nebo pomocí pravděpodobnostních jevů a modelů modelovány náhodné jevy, jako třeba zpoždění vlaků vstupujících do systému, je možné určit, jak se bude provozní koncept chovat ve skutečnosti a pomocí navržených úprav a opatření jakým směrem a jak moc bude docházet k pozitivním či negativním změnám v chování systému v budoucnosti. Díky tomu je možné porovnávat jednotlivé navržené varianty řešení a testovat, která z nich splňuje námi požadované parametry, zejména z hlediska vývoje jednotlivých zpoždění a také co se oblasti stability týče, což je zejména v oblastech úzkých hrdel, resp. klíčových uzlů železniční infrastruktury, jakou je i železniční uzel Brno, mimořádně důležité.

Simulace jako taková tedy nedokáže vytvořit jízdní řád, dokonce ani říci, nakolik je vybrané řešení relativně dobré. Umí však zjistit, nakolik je zvolený provozní koncept a z něho vycházející jízdní řád v kombinaci s definovanou příslušnou infrastrukturou a daným vozovým parkem ve skutečnosti realizovatelný, dokáže predikovat, jak se systém za daných okolností bude chovat, a také dokáže případně provést srovnání s jiným konceptem – v tomto případě je již kvantifikace, třebaže relativní, plně k dispozici.

Výstupem ze simulačního procesu má být ověření, jak bude navrhovaný systém ve skutečné budoucí situaci fungovat, nakolik bude skutečně proveditelný a provozně stabilní.

Potřeba simulace vychází z principu vysoké komplexnosti jednotlivých prvků železničního systému, zejména v uzlu. Pro ověření budoucích stavů a návrhů nelze interakce testovat na skutečném systému, navíc proto, že takový systém mnohdy ještě ani neexistuje. Pomocí simulačního modelu a jednotlivých scénářů a experimentů je možné, s přijatelnou mírou generalizace skutečnosti, zodpovědět otázky týkající se budoucího provozu. Pro ověření nenáhodnosti takového výstupu je třeba provést více běhů simulace, zejména v případě, pokud jsou vstupní parametry modelovány pomocí statistických funkcí. Výhodou použití simulace je mmj.

rychlost a efektivnost testování navržených hypotéz a možných řešení, bezpečnost takového testování, jako i jeho, principiálně nekonečná, reprodukovatelnost.

1.1. Cíle studie

Cílem simulace bylo provést ověření stability provozu navrženého dopravní technologií ve statickém stavu (samotné ověření realizovatelnosti navrženého provozního konceptu ve vazbě na disponibilní infrastrukturu a vozový park) a následně provést dynamické simulační prověření stability výše zmíněného provozního konceptu, za současného působení vnějších vlivů ve formě vstupního zpoždění vlaků vjíždějících do ŽUB a zároveň za působení zpoždění, vznikajících jako důsledek prodlužování plánovaných pobytů vlaků v jednotlivých stanicích a zastávkách, kde tyto vlaky zastavují z přepravních důvodů. Simulace se zaměří jednak na provoz celého uzlu Brno jako jednoho celku, druhak potom na důsledky takového provozu v jednotlivých potenciálně kritických oblastech tak, aby bylo možné objektivně a detailně vyhodnotit funkčnost navrhovaného provozního konceptu železničního uzlu Brno.

Simulace za účelem dopravně technologického posouzení varianty „B - Petrov“ proto proběhne pro dva základní stavy:

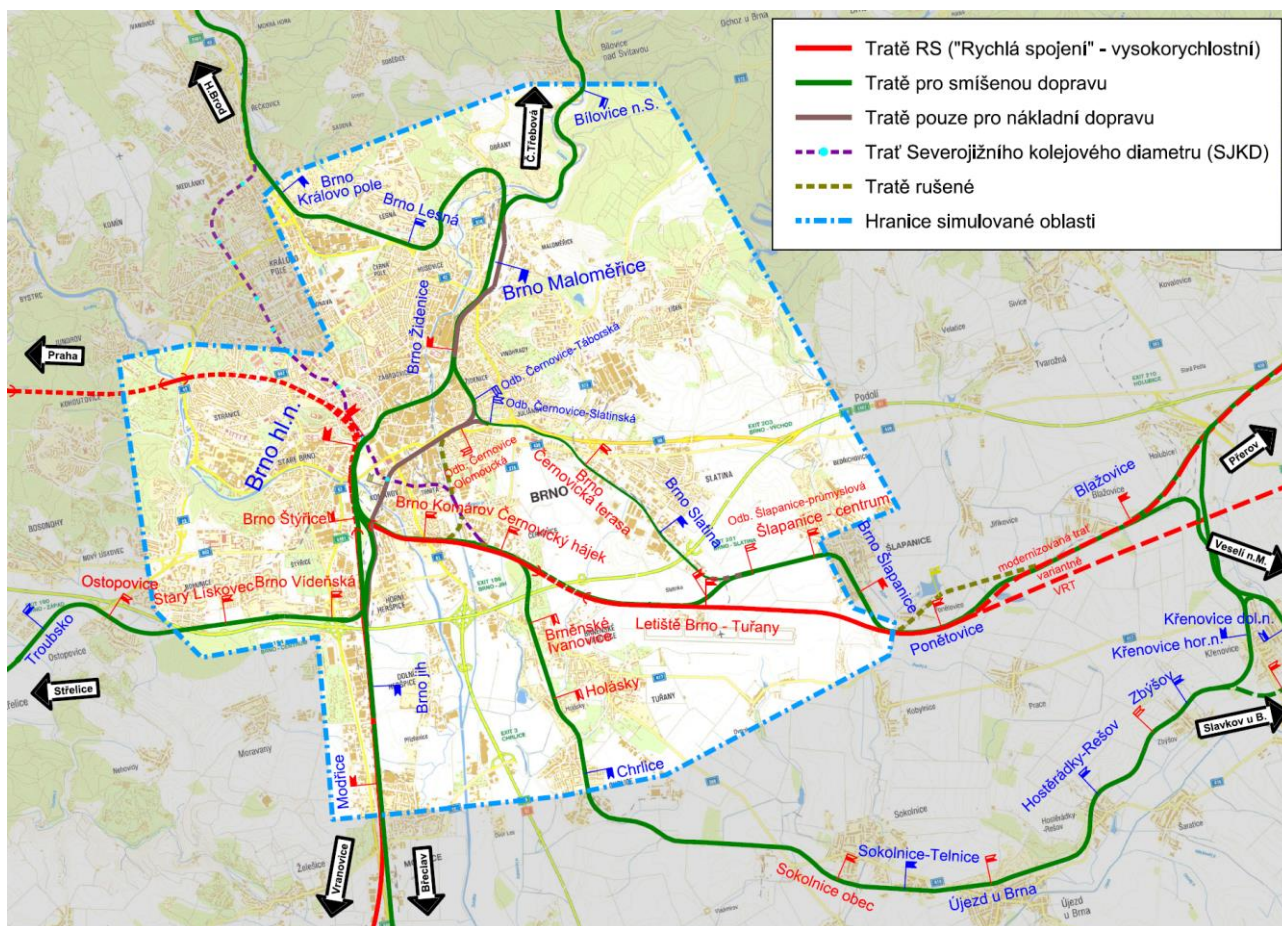
- provoz bez zpoždění
- provoz za zohlednění běžných nepravidelností (se zpožděními).

Jako závěr na základě získaných poznatků z očekávaného provozu bude formulováno vyhodnocení provozu v oblasti ŽUB, vyhodnocení provozu vlaků jednotlivých linek a jednotlivých segmentů pro jednotlivé simulované situace a konečně bude vysloven závěr o dopravně-technologické stabilitě navrženého řešení provozu v rámci variantního řešení „B - Petrov“ s konstatováním, je-li navrhované řešení realistické a možné pro budoucí skutečné nasazení.

2. VYMEZENÍ ZKOUMANÉ OBLASTI

Simulace byla provedena v centrální části železničního uzlu Brno a na všech z něj vedoucích tratích. Hranicí pro zkoumání bylo vždy místo, které je již mimo ŽUB a je dostatečně daleko, aby mělo vliv na sled vlaků v ŽUB. Vždy bylo uvažováno s umístěním hranice oblasti sledované simulací minimálně v místě, odkud je zajištěna viditelnost na předvěst vjezdového návěstidla do simulované oblasti, z důvodu zajištění dostatečné reakční doby na návěst na předvěsti. V některých případech byla uvažována jako hranice střed nejbližší dopravní (dopravní kancelář, nebo nástupiště), která sousedí s ŽUB (Modřice, Chrlice). Jako hraniční prvky jsou v tomto případě uvažována odjezdová návěstidla této dopravní ve směru Brno.

Obr.1 Vymezení oblastí ověření simulací



Hranice simulované oblasti byla definována takto:

- trat' RS Praha – Brno: km 201,000 navazující na variantu H4 trasy RS Praha – Brno,
- trat' Brno – Střelice: km 149,685, návěstidlo AB před zastávkou Starý Lískovec ve směru od Střelice,
- trat' Břeclav – Brno: km 136,900, nástupiště žst. Modřice, hraniční prvky jsou odjezdová návěstidla ve směru Brno v žst. Modřice,
- napojení RS Brno – Vranovice: km 137,024 = km 0,000 střed dopravní Modřice, hraniční prvky jsou odjezdová návěstidla ve směru Brno v žst. Modřice,
- trat' Brno – Česká Třebová: km 164,350, střed zastávky Bílovice nad Svitavou,
- trat' Brno – Havlíčkův Brod: km 8,535, nástupiště žst. Brno-Královo Pole, hraniční prvky jsou odjezdová návěstidla ve směru Brno v žst. Brno-Královo Pole,
- trat' Brno – Přerov (přes zastávku Brno-Letiště Tuřany), km 21,0 z UTS Modernizace trati Brno – Přerov, SUDOP Brno, 11/2010,
- trat' Brno – Blážovice (přes Šlapanice), km 9,500 trati 340, před navrhovanou zastávkou Šlapanice centrum,
- trat' Brno – Chrlice – Sokolnice-Telnice – Holubice – (Přerov): km 8,803, žst. Chrlice, hraniční prvky jsou odjezdová návěstidla ve směru Brno v žst. Chrlice.

Do simulované oblasti nebyla uvažována trať Severojižního kolejového diametru (SJKD), v důsledku čehož jsou vlaky od Chrlic ukončeny v žst. Brno hl.n. Jedná se o provozně nepříznivější

stav, kdy je do žst. Brno hl.n. vedeno více vlaků než při uvažování s provozem SJKD. Byl tedy simulován provozně nejnejpříznivější případ s maximálním zatížením infrastruktury dopravou.

3. TVORBA SIMULAČNÍHO MODELU

3.1. Simulační software

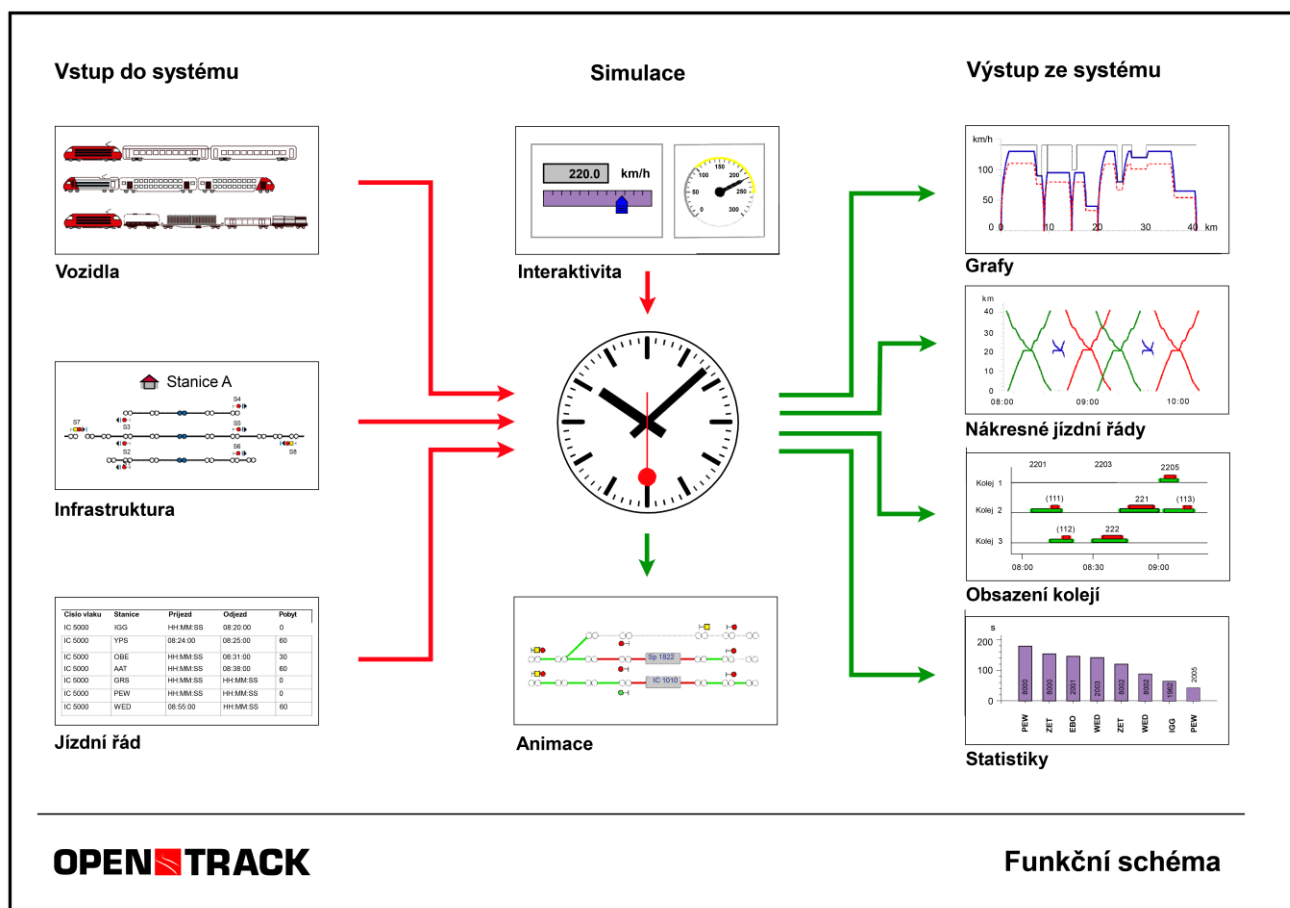
Pro účely této situace byl využito simulačního programu ze skupiny synchronních simulačních programů, které se v současné době s úspěchem používají. Synchronním se rozumí, že probíhá simulace pohybu všech vlaků, vyskytujících se v simulaci, zároveň v dílčích krocích řádu sekund a okamžitě tedy lze reagovat na vznikající situace, především konflikty. Na rozdíl od systémů asynchronních, které simulují jednotlivé vlaky vždy celé a až poté simulují vlaky další a postupně "zjišťují" konflikty s vlaky předešlými, umožňuje synchronní simulace tyto stavy zachytit přímo v okamžicích vzniku a lépe a účinněji na ně reagovat a s nimi pracovat.

Použitý simulační program OpenTrack začal vznikat v polovině 90. let minulého století, kdy byl program vyvíjen v Institutu pro dopravní systémy a plánování (IVT – Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme) na ETH (Eidgenössische Technische Hochschule) Zürich jako výsledek výzkumného projektu na téma "Interaktivní simulace provozu na železničních sítích". Cílem výzkumného projektu bylo vyvinout výkonný a intuitivní simulační program pro rozdílné počítačové platformy, pomocí kterého lze komplexně řešit úlohy z prostředí železničního provozu.



Typickými úlohami pro takovéto programy jsou právě stanovení a ověření požadavků na vlastnosti železniční infrastruktury, stanovení propustné výkonnosti jednotlivých tratí a uzlů, studie a stanovení parametrů vozidel či analýzy stability a proveditelnosti navržených jízdních řádů a provozních konceptů, tedy přesně ty oblasti a otázky, jež je třeba zodpovědět v souvislosti s navrhovanou úpravou železničního uzlu Brno.

Obr.2 Funkční schéma simulace



Funkční schéma vlastní simulace představuje obr. 2. Vstupy, které jsou nezbytně nutně zapotřebí pro vlastní simulaci, představují informace z oblasti hnacích i tažených vozidel (vozový park), infrastruktury a předpokládaného jízdního řádu, z jejichž vzájemné interakce během procesu simulace vzniknou závěry a odpovědi na otázky týkající se skutečně realizovaných jízd jednotlivých vlaků, splněného jízdního řádu, obsazení a využití jednotlivých prvků infrastruktury a popisných statistik, sumárně shrnujících proběhlou simulaci podle jednotlivých parametrů.

3.2. Infrastruktura

Předpokládaný rozsah a úpravy infrastruktury vycházejí ze zpracované Dopravní technologie, kdy byl mmj. předpokládán přiměřený rozvoj a úpravy infrastruktury i v okolí uzlu a na relevantních tratích, které případně mohou ovlivnit předpokládanou jízdu vlaků v rámci ŽUB. Infrastrukturní úpravy tratí, které vstupují či jsou přímo součástí ŽUB, jsou pro účely simulace v souladu s částí Dopravní technologie a vycházejí z faktu požadavku simulování stavu „dlouhodobý horizont“. Rozsah odpovídá maximálnímu definovanému rozvoji infrastruktury v dlouhodobém horizontu s jedinou dílčí výjimkou v podobě:

- simulace nepředpokládá existenci Severojižního kolejového diametru (SJKD).

Simulace v definované oblasti obsahuje kompletní traťové i dopravní koleje, po kterých je, nebo by mohl být veden vlakový provoz. Prostor a provoz odstavných kolejí není, vzhledem k jejich předpokládanému nevyužívání provozem během období špičkového provozu, znázorněn ani simulován.

V rámci modelu infrastruktury jsou využívány zejména následující vlastnosti fyzické infrastruktury: kilometrické polohy jednotlivých prvků infrastruktury, informace o vzdálenosti, počtu kolejí, maximální rychlostech pro definované typy vlaků, stoupáních a klesáních, obloucích, tunelech, dále o počtu, poloze a typech použitých proměnných i neproměnných návěstidel včetně související zabezpečovací techniky a jejího druhu, o existenci elektrifikace, včetně příslušných proměnných i neproměnných návěstidel pro elektrický provoz, počtu a poloze nástupišť pro vlaky osobní dopravy včetně souvisejících míst zastavení a informace o poloze výhybek, včetně příslušných námezníků a jejich rychlostním parametrům.

Jako nadstavba fyzické infrastruktury slouží jednotlivé vlakové cesty a jejich kombinace. Počet a rozmanitost vlakových cest je v simulačním modelu zjednodušena a omezena jen tak, aby pro všechny očekávané situace byly k dispozici i odpovídající variantní možnosti jízdy a tedy byly skutečně řešitelné. Nad infrastrukturou je očekávána existence Automatického stavění jízdnicích cest (ASVC), s existencí zabezpečovače na bázi ETCS se neuvažuje.

3.3. Vozidla

Vozidla, určená k provozu v simulaci, stejně jako jejich přidělení na jednotlivé linky, je převzato z bloku Dopravní technologie a příslušné části konstrukce. Vzhledem k relativní vzdálenosti simulovaného časového horizontu jsou využita vozidla obecně reprezentující existující, avšak zároveň moderní vozidla, u nichž je možné předpokládat, že budou (stále) v provozu na uvažovaném horizontu. Typy vozidel, uvažovaných pro jednotlivé linky, stejně jako váhové a délkové parametry souprav v případech neuzití ucelených trakčních jednotek, jsou uvedeny v tabulce 1. Ostatní vlastnosti, jako jsou například trakční či brzdové charakteristiky, jsou převzaty ze současných vlastností uvažovaných vozidel.

Tab. 1 Uvažovaná vozidla a soupravy obsluhující jednotlivé linky osobní dopravy, popřípadě charakterisující jednotlivé kategorie vlaků nákladní dopravy

Linka	HV	hmotnost [t] či počet tažených vozidel	délka [m]
Ex1	406 DB		
Ex2	406 DB		
Ex3	406 DB		
Ex30	406 DB		
Ex35	1216	5 Bmz	
IC12	1216	7 Bmz	
R4	2*640		
R6	2*SJ.Y32		
R8	380	7 Bmz	
R9/11	406 DB		
R11/9	406 DB		
R12	380	7 Bmz	
R13	380	7 Bmz	
R19	380	7 Bmz	
R31	406 DB		

R32	406 DB		
R33	406 DB		
R34	406 DB		
S1	640		
S2	2*640		
S3	2*640		
S6	2*SJ.Y32		
S7	2*640		
S37	640		
S41	2*SJ.Y32		
NEx	1216	1825	550
Rn	1216	1825	550
Pn	2*1216	2100	550
Mn	2*742	600	150

Simulace provozu a tudíž i provoz vozidel je proveden za předpokladu dobrých adhezních podmínek a disponibilních jmenovitých vlastností vozidel, včetně případného zásobování trakční energií v případě vozidel závislé trakce.

3.4. Jízdní řád

Vedení linek, jakožto i jejich řazení a intervaly (takty) jsou převzaty z předchozích částí Dopravní technologie. Pro účely společné charakterizace jsou vlaky rozděleny do kategorií expres (vč. kategorie InterCity), rychlíky rychlé (všechny linky označené kategorií R s výjimkou R4 a R6), rychlíky pomalé (R4 a R6), osobní příměstské (S1, S2, S3, S7), osobní regionální (ostatní osobní vlaky), nákladní rychlé (NEx a Rn), nákladní střední (Pn) a nákladní pomalé (Mn). Podle funkcionality vzniká skupina dálkové dopravy (expres a rychlíky rychlé), regionální dopravy (ostatní osobní vlaky), které společně tvoří kategorii osobní doprava a skupina nákladní doprava. Pobyty vlaků ve stanicích a zastávkách jsou převzaty z konstrukce jízdních řádů v rámci předchozí části Dopravní technologie. Pro účely simulace bylo třeba nově definovat minimální hodnoty pobytů, které budou použity v případě jízdy zpožděných vlaků v případech, kdy nebude za pomoci pravděpodobnostního rozdělení předpokládán vznik zpoždění i v takovém místě. Minimální pobyty se liší podle místa a typu vlaků, konkrétně je definuje tabulka 2.

Tab. 2 Minimální pobyty vlaků osobní dopravy ve stanicích a zastávkách (komerční pobyt)

Místo	Kategorie vlaků	Minimální pobyt [min]
Hlavní nádraží	dálková doprava	2,0
	regionální doprava	1,5
ostatní	dálková doprava	0,3
	regionální doprava	0,3 (0,2)

V rámci simulace dochází také ke změnám směru jízdy vlaků (úvrať), resp. ukončení jízdy vlaků ve stanici a jejich manipulačnímu odstupu a nástupu formou posunu v rámci obvodu železniční stanice. Pro případ zpoždění vlaků je opět třeba definovat minimální technologické doby, za kterou mohou tyto operace nejdříve proběhnout. Tyto informace obsahuje tabulka 3.

Tab. 3 Minimální technologické časy použité v rámci simulačního procesu

Druh operace	Kategorie vlaků	Minimální pobyt [min]
Změna směru jízdy v rámci linky (úvrať)	dálková doprava	5,0
Obrat v koncové stanici	dálková doprava	8,0
	regionální doprava	4,0
Pobyt před odstavením (formou posunu)	dálková doprava	4,0
	regionální doprava	2,0
Pobyt po přistavení (formou posunu)	dálková doprava	3,0
	regionální doprava	2,0

V rámci simulace nedochází k rozpojování či spojování vozidel přímo v oblasti simulace. Odstavování souprav v prostoru hlavního nádraží není simulováno. Přechod souprav mezi jednotlivými vlaky, respektive linkami je plně simulován dle předpokladů Dopravní technologie. Předpokládaný provozní koncept byl převzat z předchozích částí Dopravní technologie, jednotlivé minutové polohy vlaků v prostoru ŽUB byly převzaty dle předpokládaných taktů jednotlivých linek, které jsou následující:

Tab. 4 Doby taktu jednotlivých linek

Doba taktu	Linka OD	Linka ND
60'	Ex: 30, 35 IC: 12 R: 4, 6, 8, 9/11, 11/9, 12, 13, 19, 31, 33, 34 S: 6, 37, 41	NEx; Rn*, Pn, Mn
30'	Ex: 1, 2, 3 R: 32 S: 1, 7	-
15'	S: 2, 3	-

* více linek stejného druhu tvoří specifické svazky směrem na sever

4. NASTAVENÍ PARAMETRŮ SIMULACE

Pro provedení simulace bylo v souladu se zadáním a pokyny řídicího výboru ke studii použito následující nastavení infrastruktury, vozidel a jízdního řádu (provozu):

- Infrastruktura simulace pracuje s nejhorší předpokládanou kombinací alternativních řešení, spočívající především v neexistenci Severojižního kolejového diametru (SJKD).
- Provozní koncept a jízdní řád odpovídají předpokladům pro dlouhodobý horizont 2040.
- Simulace je prováděna jako vícenásobná simulace pro 4 hodinové špičkové provozní období.
- Simulace provozu předpokládá stavy:
 - bez poruch a bez vstupních zpoždění,

II. bez poruch, se vstupním a primárním zpožděním.

- Je předpokládán systém postupného stavění jízdnic cest (ASVC) i systém ATO (Automatic Train Operation).
- Dynamické vlastnosti vozidel jsou využívány ve stavu jízdy včas pouze ve výši nezbytné pro dodržení vlastního jízdnicího řádu. V případě jízdy se zpožděním jsou na přání zadavatele využívány maximální technické možnosti vozidel tak, aby dosažené nejkratší jízdnicí doby stále obsahovaly minimálně 2% přírůžku k jízdnicí době.
- Je prověřován systém provozu vlaků a vzájemné vazby vlaků v rámci linek, resp. mezi linkami v rámci definovaných oběhů vozidel. Nástupy a odstupy vlakových souprav nejsou Dopravní technologií v rámci simulovaného špičkového období předpokládány a proto nejsou ani součástí simulace.
- Oblast simulace obsahuje celý železniční uzel Brno; vstupními a výstupními body simulace jsou dopravní body, ležící na rozhraní této oblasti a okolních tratí. V případě jednokolejných tratí či tratí víceokolejných, které by ústily přímo do důležitých uzlů a míst rozhodných pro simulaci, slouží pro zajištění odpovídajících vlastností simulace jako vstupní / výstupní a zároveň také jako vyhodnocovací bod nejbližší doprava směrem ven z uzlu.
- Pro ověření stability navrhovaného řešení je použito metody porovnání sumy vstupních a výstupních zpoždění ze systému jednotlivě pro linky, jednotlivé vrstvy vlaků a sumárně pro veškeré vlaky.
- Simulace je vyhodnocována jako 4h-perioda v rámci dopravní špičky pracovních dnů s maximálním předpokládaným provozem vlaků osobní i nákladní dopravy. Pro účely simulace je vyhodnocován čas 13:00-17:00, simulace běží vždy s přesahem před a po čase začátku a konce vyhodnocování simulace tak, aby celkový provoz v hodnoceném období nebyl ovlivňován okrajovými jevy na počátku a na konci běhu simulace.
- Pro simulaci scénářů se zpožděním je využito, dle konzultací se zadavatelem, statistického rozdělení vstupních zpoždění do ŽUB dle předpisu DB Netz AG [1] pro jednotlivé kategorie vlaků s předpokládaným vysokým zatížením tratí vstupujících do uzlu. Obdobným způsobem je použito pravděpodobnostního modelu pro predikci výskytu zdržení vlaků ve stanicích a zastávkách (prodloužením pobytu), kde tyto zastavují z komerčních důvodů.

Tab. 5 Pravděpodobnostní rozdělení zpoždění pro vstup do simulace [1]

Druh vlaku	Pravděpodobnost jevu	Střední hodnota [min]
Osobní dálkový	0,50	4,0
Osobní regionální	0,50	2,0
Osobní příměstský	0,25	2,0
Nákladní	0,40	10,0

Tab. 6 Pravděpodobnostní rozdělení pro zdržení ve stanicích a zastávkách [1]

Druh vlaku	Pravděpodobnost jevu	Střední hodnota [min]
Osobní dálkový	0,10	2,0
Osobní regionální	0,10	1,0
Osobní příměstský	0,10	0,5
Nákladní	0,10	5,0

5. METODIKA VYHODNOCENÍ VÝSTUPŮ SIMULACE

Stabilitou provozu se rozumí odolnost systému proti vlivům zpoždění, tj. schopnost systému časově a místně omezovat nebo odbourávat zpoždění vlaků, vznikající v důsledku interakce s jinými, vstupním a primárním zpožděním ovlivněnými vlaky.

Základním parametrem posouzení stability provozu, popř. zotavitelnosti navrženého provozního konceptu na dané infrastruktuře a obecně zhodnocení udržitelnosti provozu za daných podmínek představuje porovnání zpoždění vlaků na vstupu a následně na výstupu ze systému, zejména s ohledem na růst / zachování / snižování celkového zpoždění jako jednoho z klíčových parametrů udržitelnosti provozu systému v delším časovém období.

Pro toto porovnání slouží vztah [2]:

$$t_{zp,výstup} + t_{zp,příjezd} \leq t_{zp,vstup} + t_{zp,primární}$$

, kde

$t_{zp, výstup}$ je výstupní zpoždění vlaku při výstupu ze simulované oblasti,

$t_{zp, příjezd}$ je zpoždění končícího vlaku na příjezdu do koncové stanice uvnitř oblasti,

$t_{zp, vstup}$ je vstupní zpoždění vlaku při vstupu do simulované oblasti,

$t_{zp, primární}$ je primární zpoždění vlaku, tj. takové, které nebylo přeneseno z ostatních vlaků.

Pro vyhodnocování kvality navrženého konceptu je použita metodika, porovnávající velikost (podíl) výstupního zpoždění vzhledem ke vstupnímu, a to následujícím způsobem:

Tab. 7 Vyhodnocování kvality provozu v závislosti na vztahu vstupního a výstupního zpoždění [1,3,4].

Úroveň kvality provozu	Suma zpoždění / změna zpoždění	Zpoždění (poměr vstup/výstup)
Výborná (A)	Suma výstupních zpoždění se oproti sumě vstupních zpoždění znatelně snižuje	Jednoznačně klesá (< 1)
Ekonomicky optimální (B)	Suma vyvolaných zpoždění je akceptovatelná. Celková suma zpoždění zůstává přibližně stejná, resp. výrazně se nemění	Beze změny (≈ 1)
Potenciálně riziková (C)	Suma vyvolaných zpoždění narůstá. Pokud existují časové rezervy, nedostačují. Suma zpoždění mezi vstupem a výstupem evidentně roste.	Mírný růst
Nedostatečná (D)	Suma zpoždění výrazně a silně roste	Jednoznačně stoupá (> 1)

Za horní akceptovatelnou hranici mezi potenciálně rizikovou a nedostatečnou úrovní kvality provozu je obecně ve smyslu [1] považován nárůst o 1,0 min [střední hodnota] přes celou oblast simulace (trať, část sítě) pro každý vlak osobní dopravy.

V souladu s touto hranicí je rozmezí mezi Ekonomicky optimální a Potenciálně rizikovou situací stanoveno na 10 % absolutní hodnoty předchozí hranice (0,1 min), respektive na 5 % relativního nárůstu zpoždění.

Za vstupní, resp. výstupní místa pro hodnocení vstupů a výstupů ze simulace byly zvoleny poslední dopravní body, ležící v oblasti železničního uzlu Brno. V případě, že by takovýto uzel byl zároveň i bodem, který je třeba v rámci simulace vyhodnocovat, je vstupní/výstupní bod vysunut do nejbližšího dalšího takového bodu. Vyhodnocovací body proto plně kopírují hranice simulované oblasti ŽUB.

6. SIMULACE „BEZ PORUCH A BEZ NEPRAVIDELNOSTÍ“

Úkolem simulace bylo odpovědět na zadané otázky týkající se rezerv a stability navrhovaného provozního konceptu, jakožto odpovědět na otázky ohledně předpokládané realizovatelnosti navrženého provozního konceptu. Simulací provozu „včas“ odpovídá stavu plně fungující navržené infrastruktury, nulového vstupního zpoždění jednotlivých vlaků do prostoru simulace, a zároveň neexistence prodloužení pobytů v jednotlivých stanicích a zastávkách nad rámec časů navržených v rámci Dopravní technologie. Simulace měla za cíl prokázat, zda a nakolik bude skutečně možné navrhovaný provozní koncept realizovat, aniž by docházelo ke vzniku konfliktů a zpoždění v celé oblasti simulovaného železničního uzlu Brno.

6.1. Vyhodnocení simulace

Vyhodnocení provozu bez působení vlivů zpoždění prokázalo správnost navrhované Dopravní technologie, neboť během simulace provozu nedocházelo ke vzniku zpoždění, vlaky na všech linkách zcela bez výjimky splňovaly podmínku jízdy vlaků včas na výstupu ze simulace. Shrnutí linek dle jednotlivých segmentů znázorňuje tabulka 8. Systém zachovává stabilní hodnoty nulového zpoždění na vstupu i výstupu. Funkčnost celého systému, jakožto i jeho jednotlivých segmentů osobní i nákladní dopravy, respektive také každé linky jednotlivě proto vykazuje provoz bez výhrad, hodnocený stupněm „A“.

Tab. 8 Dosažené úrovně kvality provozu jednotlivých segmentů i celkově vlaků celé simulace; situace bez vlivu zpoždění.

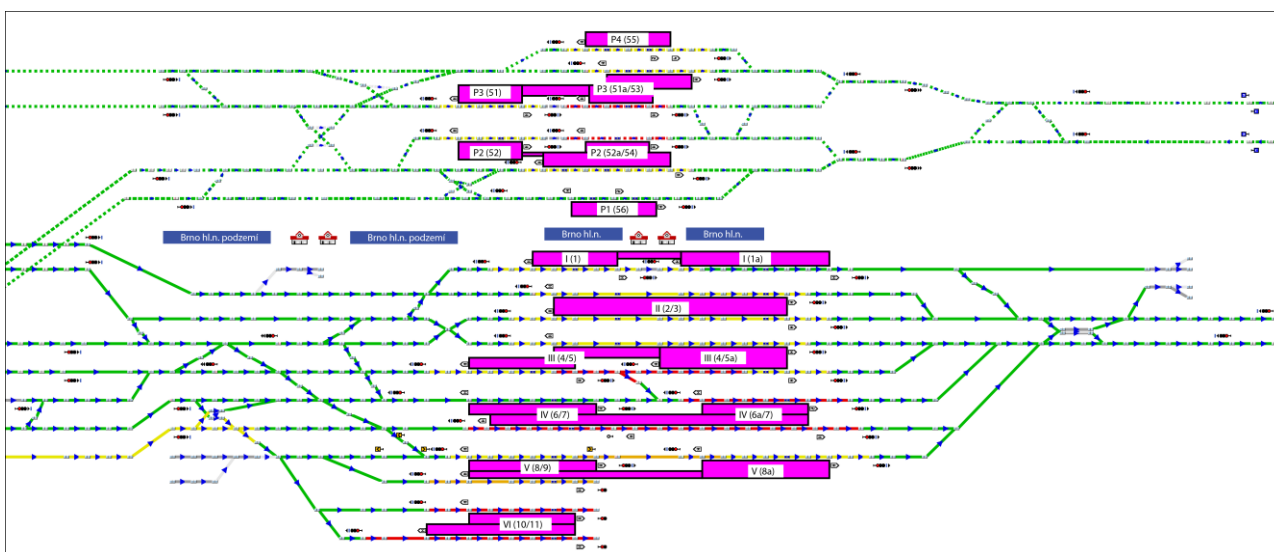
Funkční vrstva vlaků	Úroveň kvality provozu
Dálková doprava	A
Regionální doprava	A
Nákladní doprava	A
OSOBNÍ DOPRAVA	A
VŠECHNY VLAKY	A

V dalším kroku bude proveden rozbor a vyhodnocení využívání kapacity infrastruktury v předpokládaných kritických profilech. Tato situace se potenciálně týká zejména prostoru hlavního nádraží v povrchové i podpovrchové části, se zaměřením na oblast staničních kolejí a na jednotlivé logické prvky v rámci oblasti zhlaví a záhlaví stanice. Za pomoci barevného rastru jsou rozlišovány čtyři situace: zatížení pod 40 procent (zelená; kapacita je zcela dostačující), 40–60 procent (žlutá; značící, že obsazení prvky se přibližují k doporučené hranici celodenního využití prvku), 60–75 procent (oranžová; indikace stavu, kdy se jedná z dlouhodobého (celodenního) pohledu o přetížený prvek, ovšem stále splňující podmínky maximálního stupně obsazení pro špičkové období) a nad 75 procent (červená; indikace překročení hranice maximálního přípustného využití prvku infrastruktury).

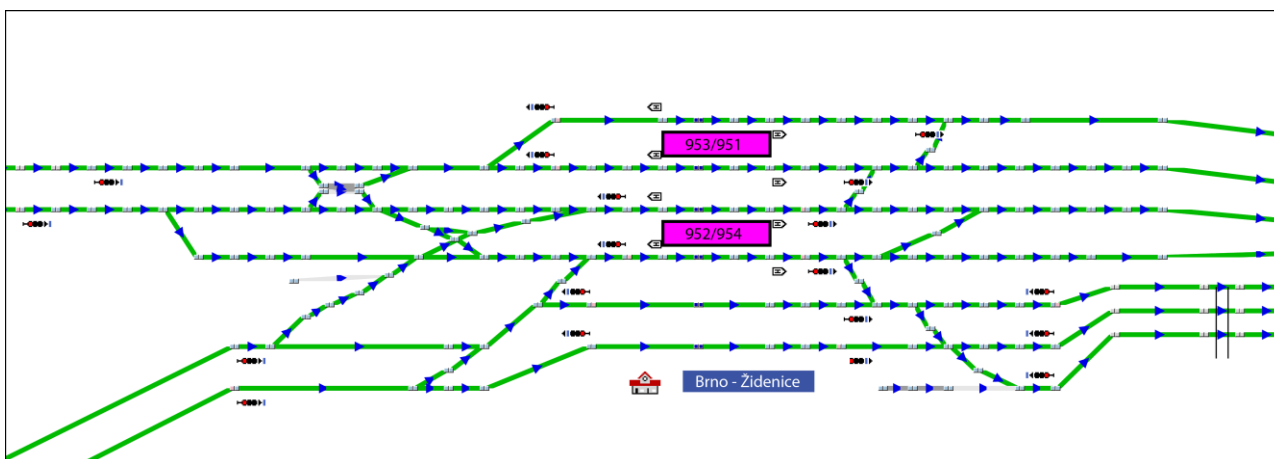
Za potenciálně kritická místa lze v rámci infrastruktury předpokládat celý obvod hlavního nádraží, včetně příslušných zhlaví, dále vzhledem k různorodosti požadavků prostor Brna-Židenice a oblast Brna-Maloměřic v prostoru dnešního St.3. Zatížení infrastruktury bylo sledováno pro dva odlišné stavy:

- s vyhodnocovaným obdobím shodným s celkovou dobou efektivního běhu simulace (obr. 3, 4, 5) a
- pro maximální hodnoty souvislé doby obsazení v trvání 60 minut kdykoli během efektivního běhu simulace (obr. 6, 7, 8).

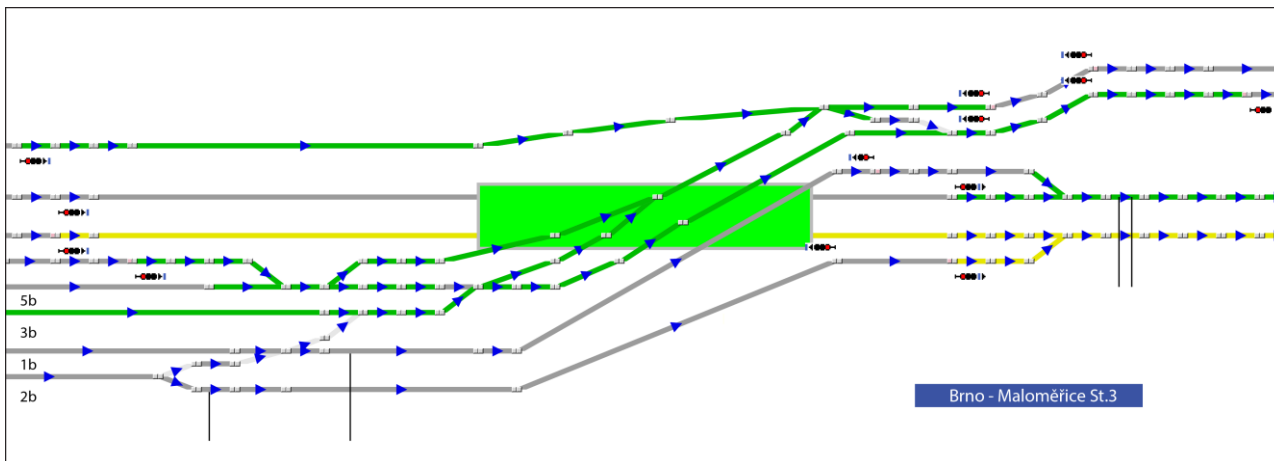
Obr.3 Průměrná míra obsazení kolejí a prvků zhlaví v prostoru hlavního nádraží



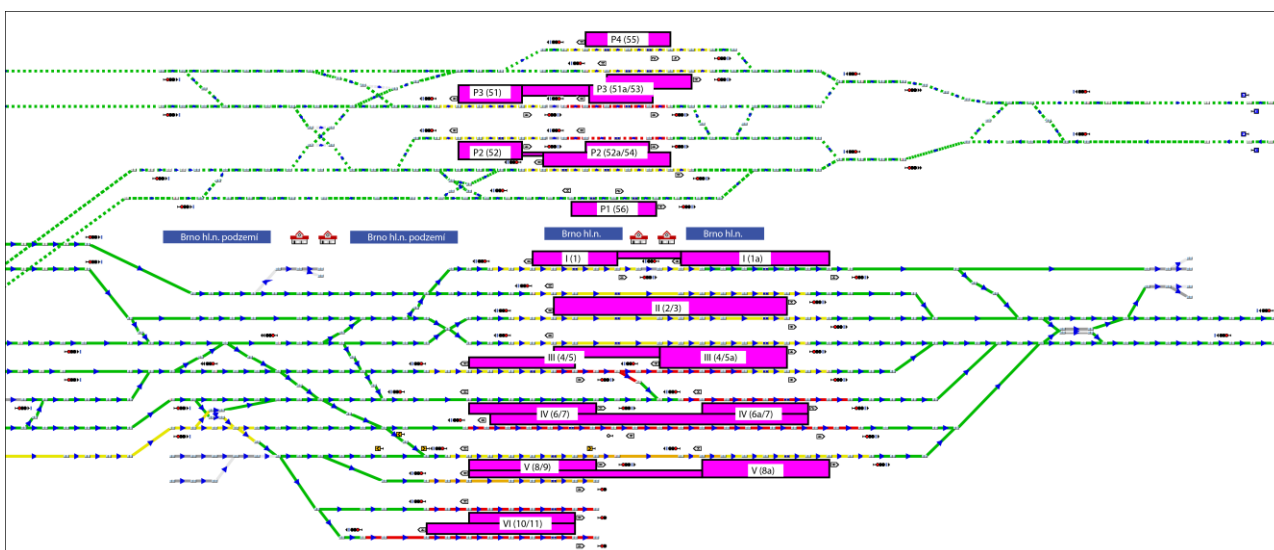
Obr.4 Průměrné hodnoty zatížení prvků v prostoru Brna-Židenice



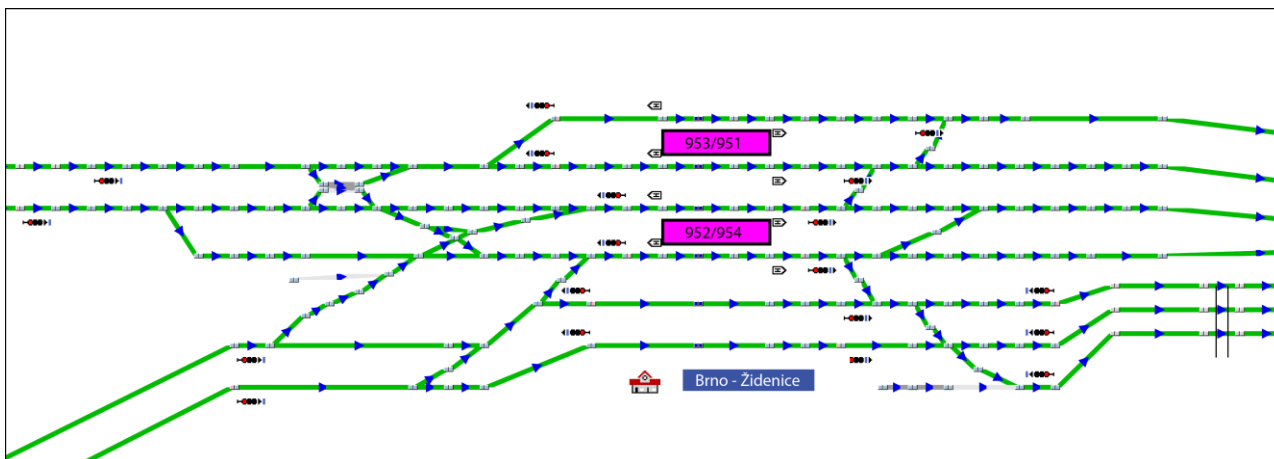
Obr.5 Průměrné zatížení prvků v prostoru severního zapojení stanice Maloměřice



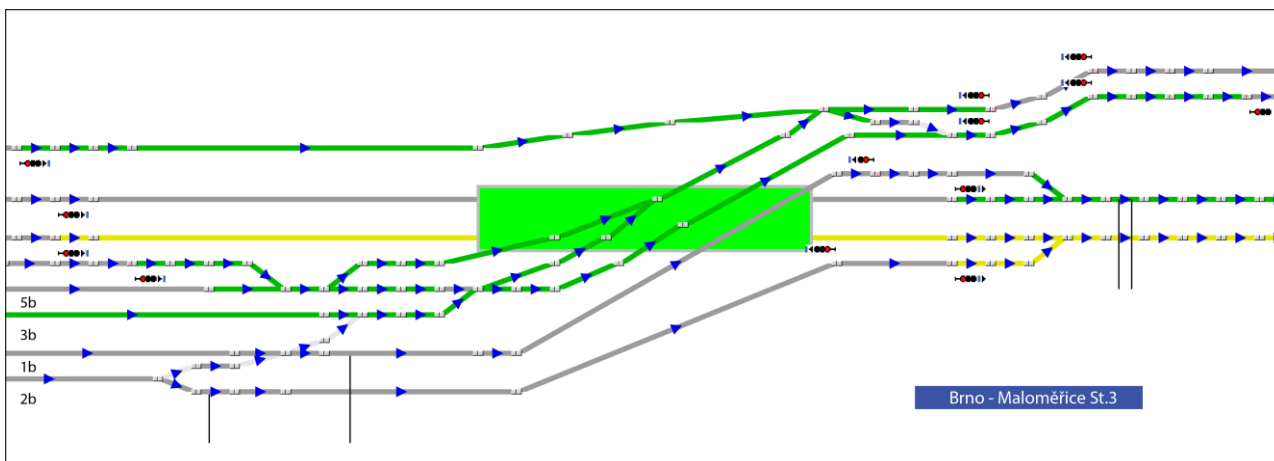
Obr.6 Simulační zatížení kolejí v prostoru hlavního nádraží (60 minutové maximum)



Obr.7 Simulační zatížení pro 60 minutové maximum v prostoru Židenic

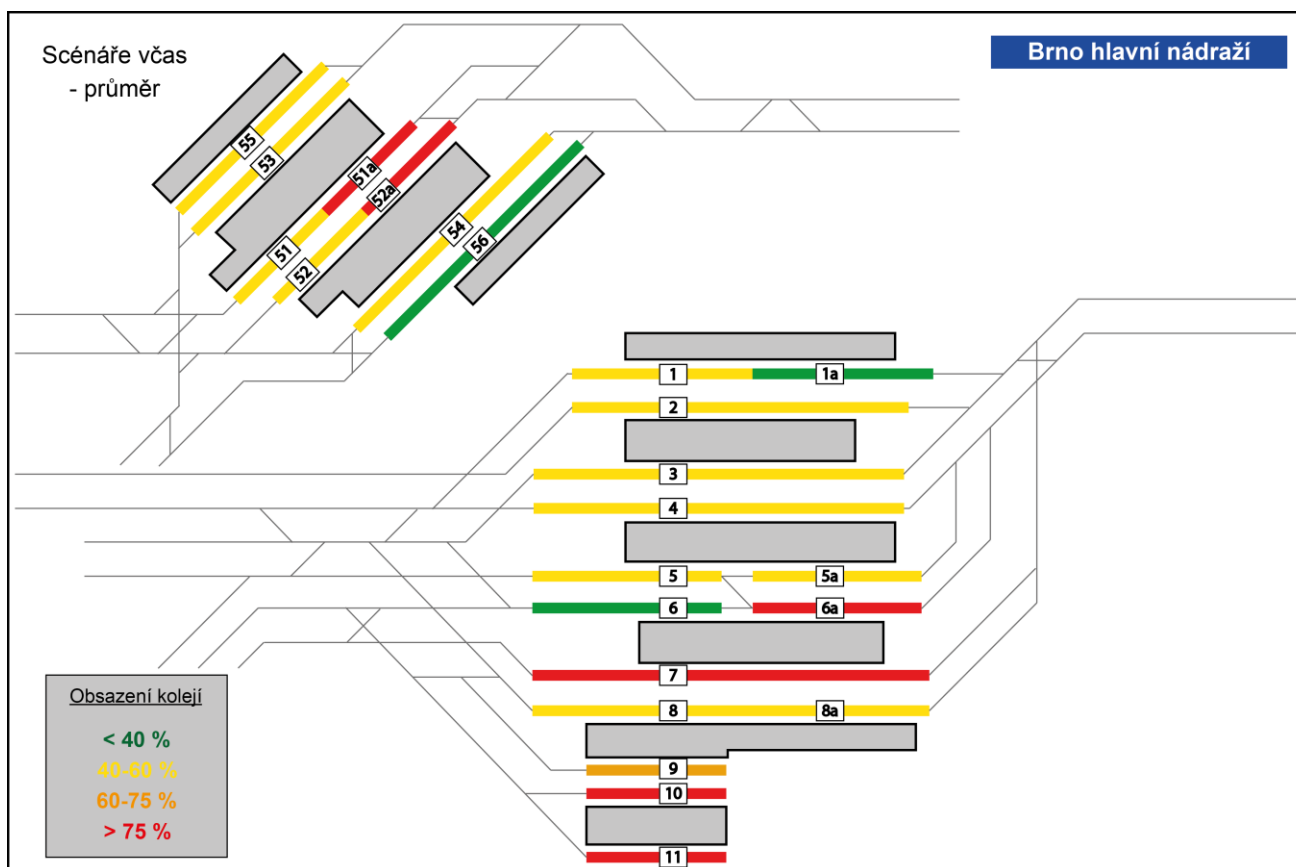


Obr.8 Simulační zatížení pro 60 minutové maximum v prostoru Maloměřic St.3



Pro vyhodnocení celkového zatížení staničních kolejí stanice Brno hlavní nádraží pro provedené simulace provozu bez vlivů nepravidelností je zobrazeno v rámci obr. 9.

Obr.9 Využití kapacity staničních kolejí hlavního nádraží

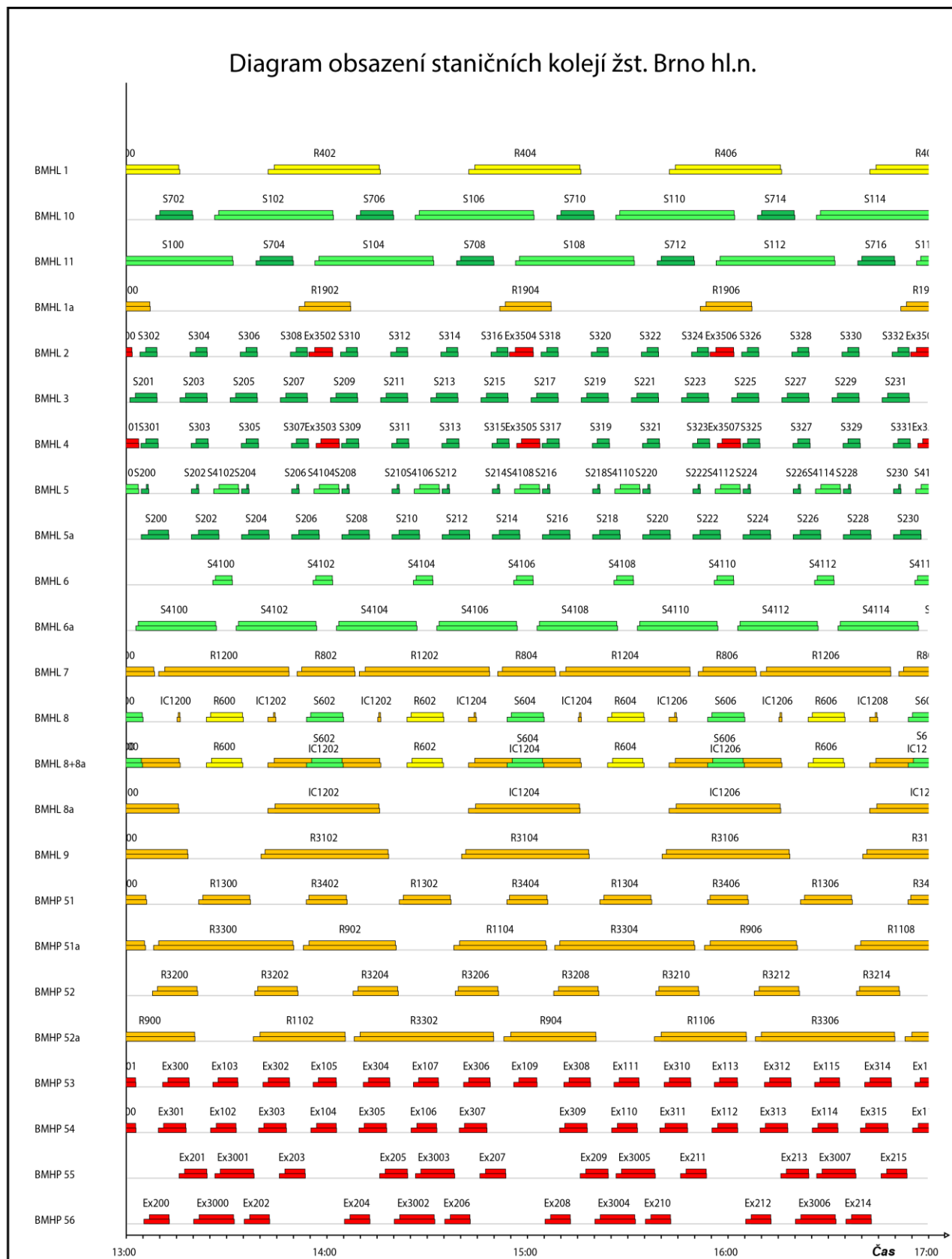


Simulace prokazuje, že v rámci zkoumaných oblastí infrastruktura nevykazuje znaky vysokého zatížení, což mmj. přispívá ke včasnému a nekonfliktnímu prostoru ŽUB. Ojedinelé situace, kdy na základě vyhodnocení zatížení prvků dochází k vysokému či velmi vysokému zatížení prvků, je možné přičíst na vrub zejména extrémně dlouhým pobytům vlaků na daných kolejích. V případě výskytu takových stavů, kdy dochází k velmi vysokému stupni obsazení, je možné tyto označit jako nekritické a dále se jimi, nevyžaduje-li situace jinak, nezabývat.

Zatížení kolejí jednotlivými konkrétními vlaky ilustruje potom obr. 10. Označení vlaku se skládá vždy z čísla linky a pořadového čísla vlaku.

Obr.10

Obsazení kolejí stanice Brno hlavní nádraží konkrétními vlaky



Součástí vyhodnocení jsou i plánované a splněné grafikony pro jednotlivé tratě a traťové úseky v rámci simulace ŽUB. Tyto ilustrují, jak odpovídá i předchozím učiněným závěrům, při nepůsobení vlivu zpoždění nekonfliktní provoz v rámci celého železničního uzlu. Grafikony, vytvořené pro celkem 14 logických traťových úseků, jsou součástí přílohy č.3.

6.2. Shrnutí scénáře

Navrhovaný provozní koncept byl podroben simulačnímu prověření v rámci uzlu bez vlivu vstupních a inicializačních zpoždění a bylo prokázáno, že nevykazuje jakýkoli provozní problém či nesrovnalost, kterou by bylo třeba řešit. Provoz všech segmentů, linek i vlaků je plně stabilní, dle plánovaného provozního konceptu a nehrozí jakékoli riziko komplikací při skutečném provozu za daných omezujících podmínek. Veškerý provoz je hodnocen nejvyšším stupněm kvality provozu, tedy stupněm A.

7. SIMULACE „S VLIVEM NEPRAVIDELNOSTÍ“

Úkolem simulace bylo po vyhodnocení a ověření provozu bez vlivu nepravidelností podrobit provoz zkoumání i za vlivu nepravidelností. Ladění systému provozu v zásadní podobě nebylo potřeba, neboť během prověřování navrženého dopravního konceptu bylo shledáno, že ten je navržen v souladu s předpokládanou železniční infrastrukturou i vozidlovým parkem. Cílem druhého bloku simulačního prověřování bylo odpovědět na zadané otázky týkající se disponibilních rezerv systému a stability uvažovaného provozního konceptu, potažmo bude-li možné takto navržený provozní koncept i za předpokládaných vlivů vstupního a primárního zpoždění vůbec s požadovanou mírou spolehlivosti realizovat.

Pro umožnění správné funkce simulace byly dodatečně povoleny variantní možnosti jízdy vlaků v rámci uzlu pro umožnění optimálního využívání zdrojů (infrastruktury). Při výskytu reálných konfliktů je využíváno primárně prioritizace vlaků vyššího segmentu, sekundárně upřednostňování vlaků podle zpoždění, které je v závislosti na druhu vlaku rozděleno do tří kategorií (nízké, střední, vysoké). Pro nízké zpoždění není do běhu simulace aktivně zasahováno, resp. jen minimálně ve snaze zabránit volbě alternativ pro minimální hodnoty zpoždění (standard 30-60 sekund). Střední kategorie slouží ke zvýšení upřednostňování takového vlaku, vysoká úroveň zpoždění slouží především k ochraně systému a opětovně snižuje prioritu takového vlaku v provozu (sloužící především jako ochrana stability systému před možnou destabilizací provozu).

7.1. Vyhodnocení simulace

S cílem zajištění reprezentativnosti výstupů ze simulačního prostředí vzhledem k budoucímu provozu bylo provedeno celkem 100 simulačních běhů, které dohromady umožňují vytvořit objektivní obraz provozu uzlu za vlivu nepravidelností. Pro každý z těchto scénářů bylo vygenerováno náhodné zpoždění, které umožnilo prozkoumat různé kombinace faktorů zpoždění včetně působení na pořadí vlaků na infrastruktuře. Toto množství jednotlivě různých situací umožňuje s dostatečnou mírou pravděpodobnosti prohlásit konkrétní agregované výstupy z navrhovaného systému za obecné.

Druhý simulační blok varianty „B - Petrov“ předpokládá existenci a vliv nepravidelností ve formě vstupních zpoždění, vycházející z předpisu DB Netz AG [1], stejně jako existenci a vliv zpoždění, vznikající jako následek prodloužení plánovaných pobytů vlaků osobní dopravy v komerčně obsluhovaných stanicích a zastávkách oproti předpokladům stanoveným provozním konceptem v rámci Dopravní technologie.

V rámci bloku simulací za výskytu definovaných četností a velikostí vstupního a primárního zpoždění, jsou výstupy vyhodnocovány separátně pro jednotlivé segmenty dopravy, respektive pro jednotlivé linky. Výstupy obecně dle hodnotících kritérií z Tab. 7 pro jednotlivé linky,

s následnou agregací výstupů do jednotlivých funkčních vrstev provozu dle výše použitého dělení, udává **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.**

Tab. 9 Dosažené úrovně kvality provozu jednotlivých linek, segmentů i všech vlaků dohromady jako výstup z provedené simulace provozu

Funkční vrstva vlaků	Linka	Úroveň kvality provozu
Dálková doprava	Ex1	A
	Ex2	A
	Ex3	A
	Ex30	A
	Ex35	A
	IC12	A
	R8	A
	R9/11	A
	R11/9	A
	R12	A
	R13	A
	R19	A
	R31	A
	R32	A
	R33	A
R34	A	
Regionální doprava	R4	A
	R6	A
	S1	A
	S2	A
	S3	C
	S6	A
	S7	A
	S37	C
	S41	A
Nákladní doprava		A
Regionální doprava		A-B
Dálková doprava		A
OSOBNÍ DOPRAVA		A
VŠECHNY VLAKY		A

Využívání kapacity kritických oblastí infrastruktury je vhodný indikátor oblastí potenciálně přetížené infrastruktury, navíc změna využívání jednotlivých částí je další indikátor, značící v rámci simulace probíhající změny ve využívání infrastruktury.

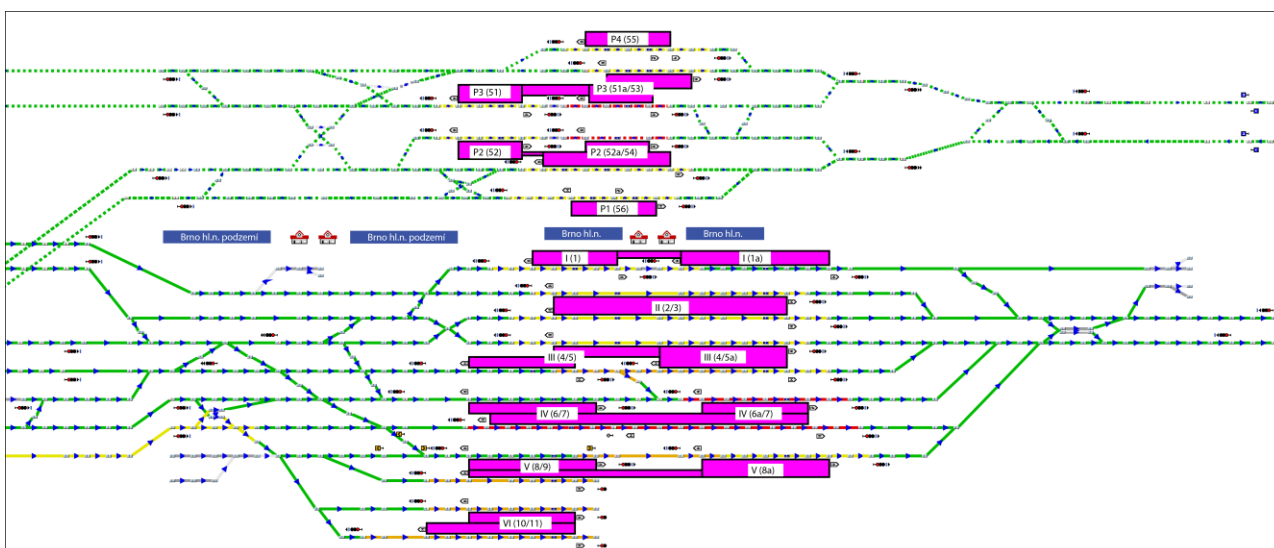
Vyhodnocení bylo provedeno pro stejné oblasti jako v případě provozů bez vlivu zpoždění, opět specificky se zaměřením na oblasti zhlaví a staničních kolejí hlavního nádraží, a to jak

podzemní, tak i povrchové části. Za pomoci barevného rastru jsou rozlišovány čtyři situace obsazení logických prvků zhlaví a staničních kolejí. Zatížení pod 40 procent je indikováno zelenou barvou (kapacita je dostačující), 40–60 procent žlutě (obsazení prvků se blíží k doporučené hranici celodenního využití prvku), 60–75 procent oranžově (indikace stavu přípustného zatížení prvku pro špičkové období, ale značí případné přetížení prvku z pohledu celodenního) a nad 75 procent je značeno červeně (dochází k překročení hranice maximálního přípustného využití prvku infrastruktury i pro špičkové období). Prozkoumávaná potenciálně kritická místa jsou zkušebně zatížena středními hodnotami zpoždění všech linek dle definice.

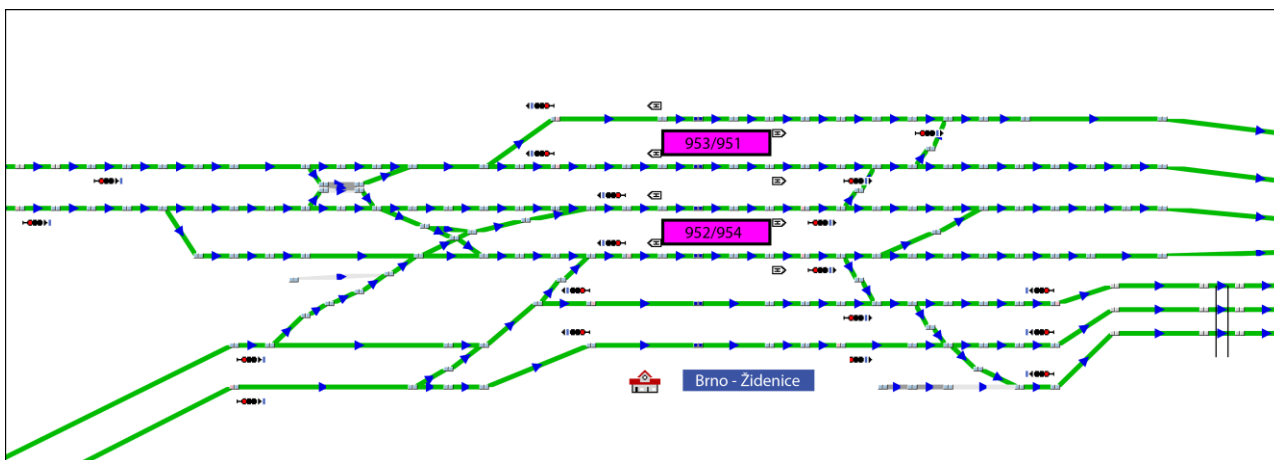
Zatížení infrastruktury bylo sledováno pro dva odlišné stavy:

- s vyhodnocovaným obdobím rovným době efektivního běhu simulace (obr.11, 12, 13) a
- pro vybraných 60 minut maximálního zatížení v rámci času efektivního běhu simulace (obr. 14, 15, 16).

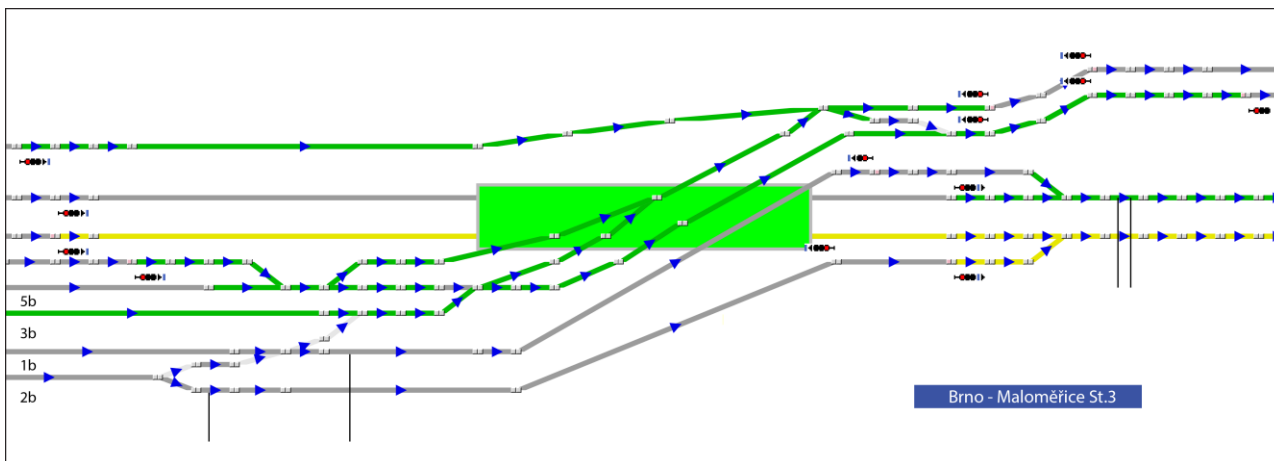
Obr.11 Průměrná míra obsazení kolejí a prvků zhlaví v prostoru hlavního nádraží



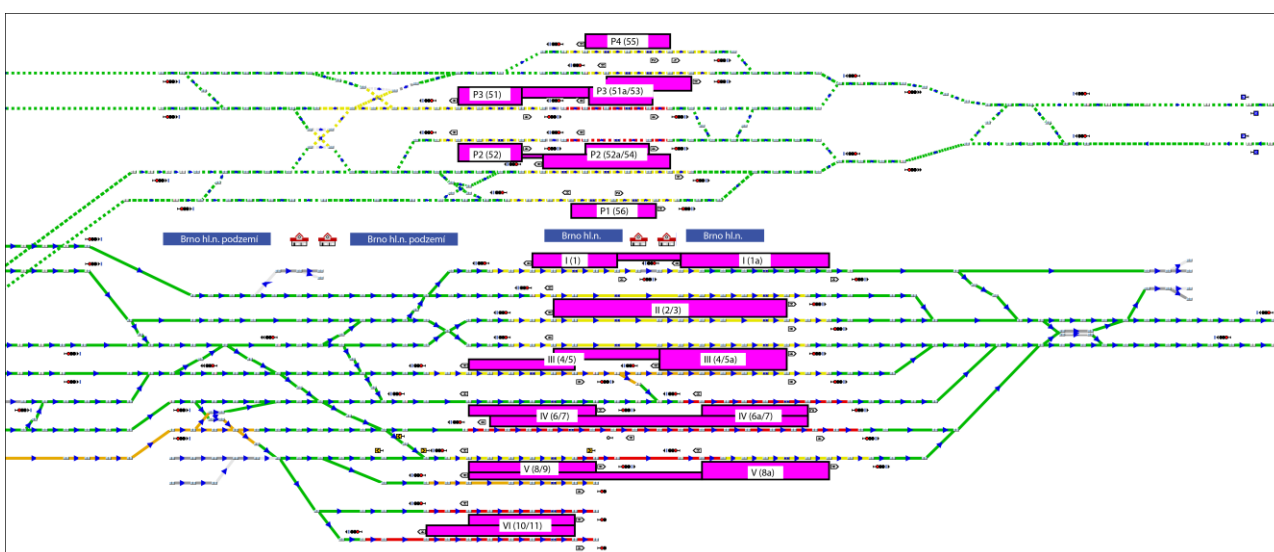
Obr.12 Průměrné využití prvků v prostoru Brna-Židenice



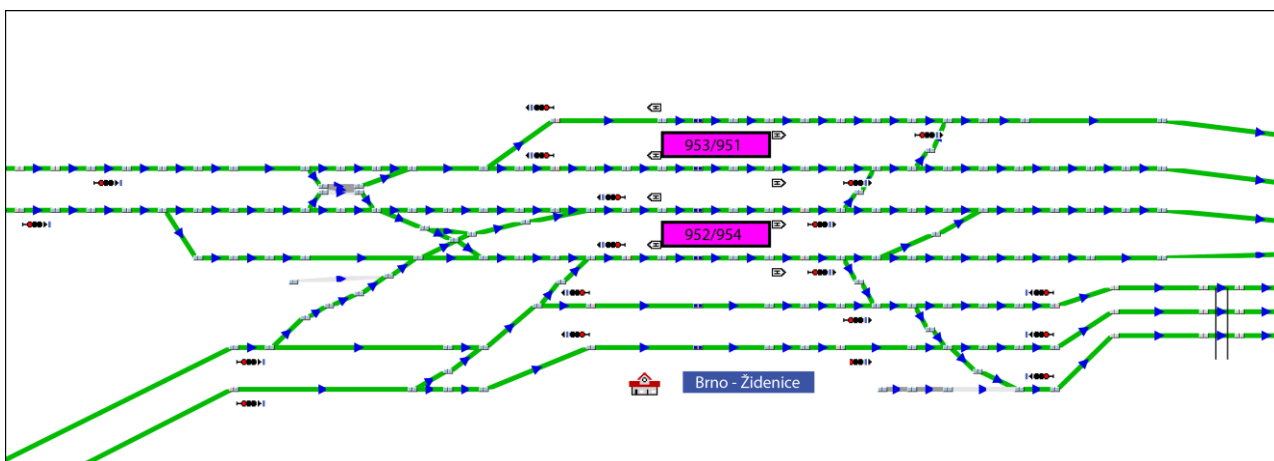
Obr.13 Simulační zatížení kolejí v prostoru severního zapojení stanice Maloměřice



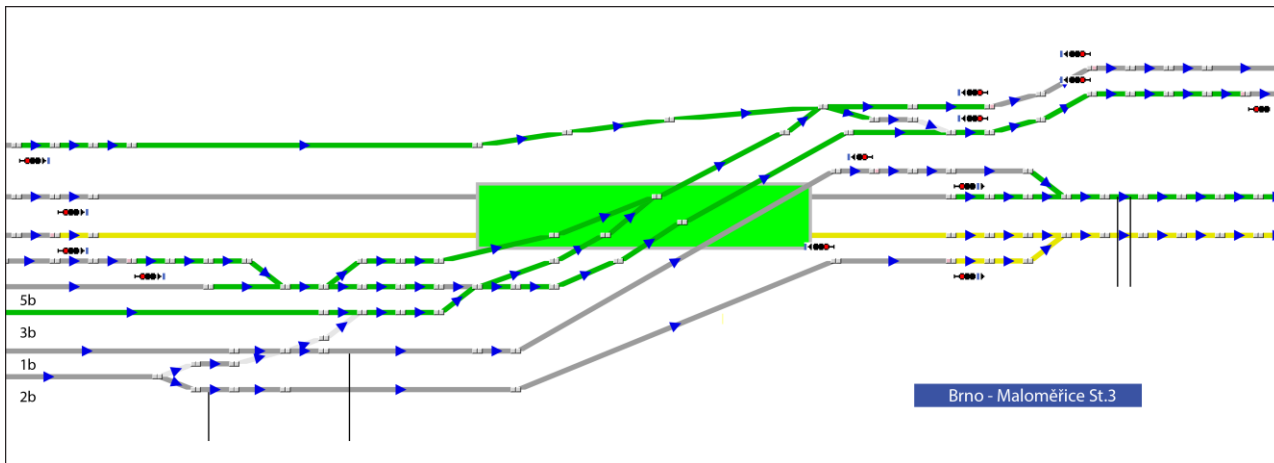
Obr.14 Hodinové maximální zatížení kolejíště hlavního nádraží



Obr.15 Hodinové maximální zatížení kolejíště nádraží Brno-Židenice

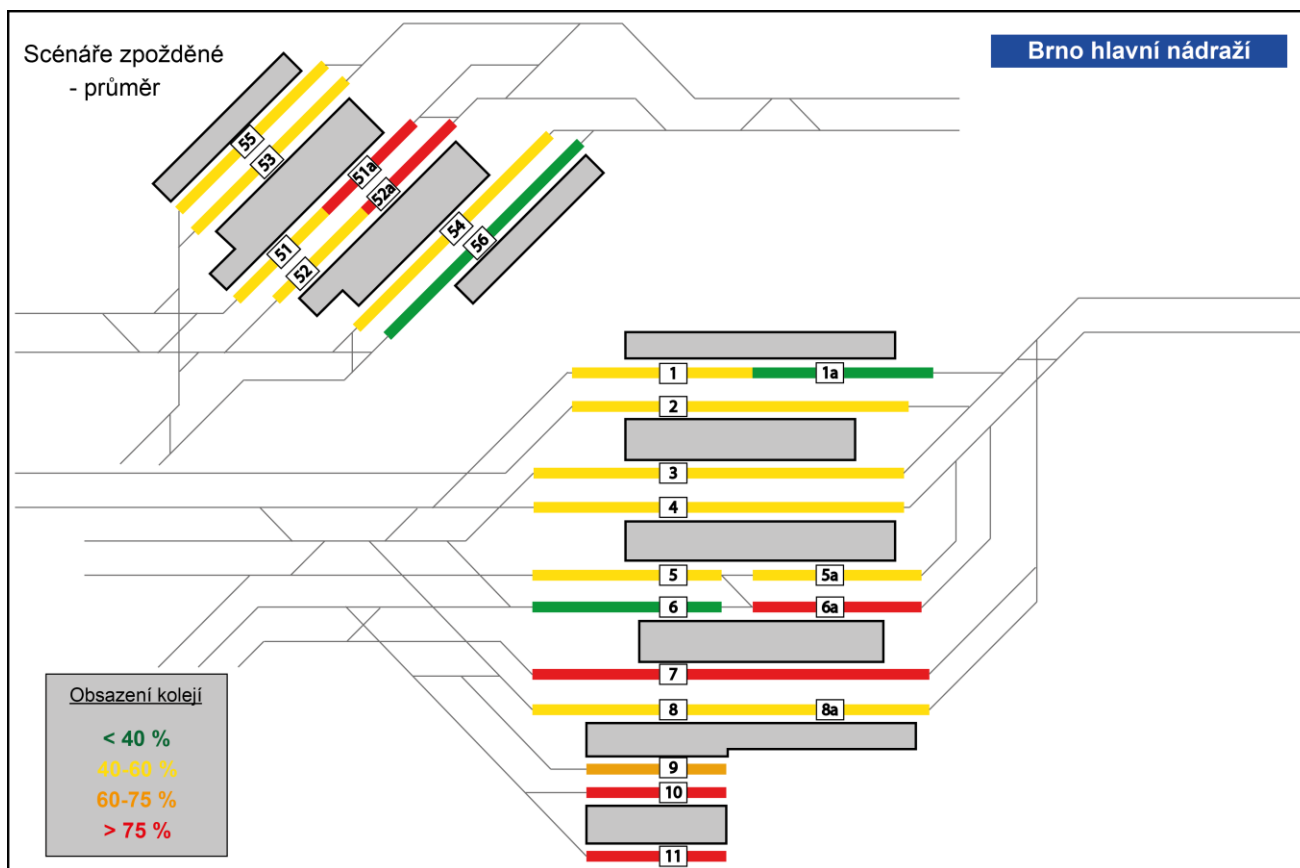


Obr.16 Hodinové maximální zatížení severního napojení stanice Brno-Maloměřice



Vyhodnocení všech simulačních běhů dohromady pro všechny staniční koleje žst. Brno hlavní nádraží za podmínky působení vlivu nepravidelností je zobrazeno v rámci obr. 17.

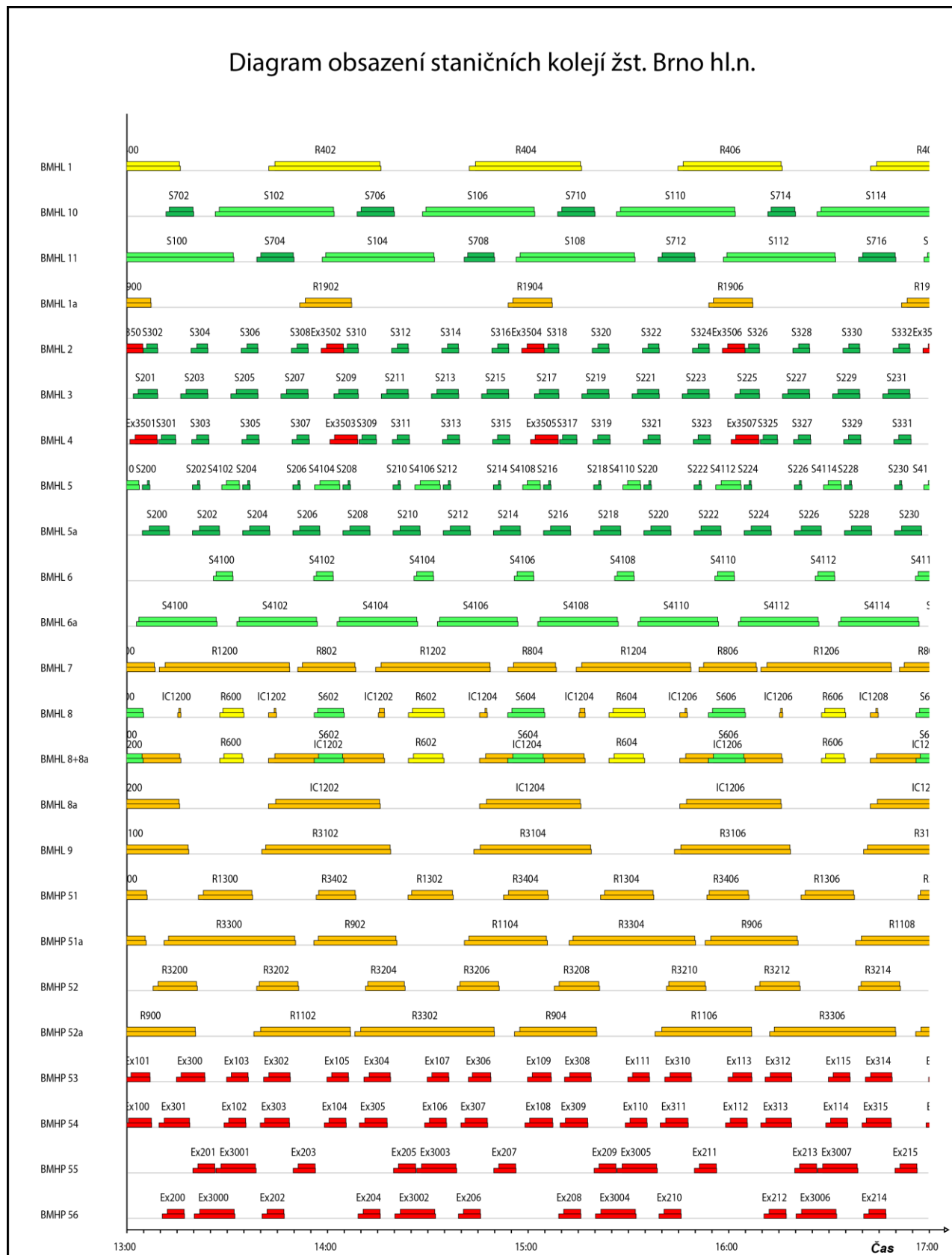
Obr.17 Průměrné využití staničních kolejí stanice Brno hlavní nádraží pro sumu provedených simulací, zahrnující vlivy zpoždění



Simulace prokazuje, že v rámci zkoumaných oblastí infrastruktura nevykazuje znaky vysokého zatížení, což vede mmj. ke včasnému a nekonfliktnímu provozu v prostoru ŽUB, kterýžto je pozitivně ovlivňován relativně nižším zatížením infrastruktury. Situace, kdy na základě výpočtového vyhodnocení zatížení prvků dochází k vysokému či velmi vysokému zatížení, je možné přičíst téměř bezvýhradně na vrub extrémně dlouhým pobytům vlaků na daných kolejích. Takovéto stavy je třeba z pohledu stability provozu hodnotit výhradně jako nekritické a není důvod je nadále sledovat a vyhodnocovat.

Detailní pohled na obsazení staničních kolejí konkrétními vlaky nemá vysokou vypovídací hodnotu, proto byl jako ilustrace zvolen případ provozu se zpožděními ve výši střední hodnoty pro všechny zpožděními dotčené linky. Zatížení kolejí jednotlivými vlaky zobrazuje obr. 18.

Obr. 18 Obsazení kolejí hlavního nádraží jednotlivými vlaky pro případ výskytu výhradně středních hodnot vstupních zpoždění přese všechny zpožděné vlaky



Součástí vyhodnocení jsou stejně jako v případech provozu bez vlivu nepravidelností také další grafické výstupy, zejména se jedná o splněné grafikonky pro jednotlivé tratě a traťové úseky v rámci simulace ŽUB. Pomocí nich je možné analyzovat konfliktnost provozu v rámci ŽUB, resp. rychlou kontrolou odhalit, jaké důsledky mají tyto konflikty na předpokládaný provoz. Závěry z grafikonů, co se množství a míst konfliktů týče, jsou ve shodě s předchozími učiněnými závěry o nízkém množství konfliktů a vysoké stabilitě navrhovaného konceptu.

Grafikonky z provozu ŽUB pro stav provozu se středními hodnotami zpoždění jsou, celkem pro 14 různých logických traťových úseků, k dispozici jako příloha č.4.

Detailní přehled vstupního a výstupního zpoždění získaný vícenásobnou simulací, v členění na jednotlivé linky, poskytuje tab. 10. Údaje jsou průměrné hodnoty v sekundách, zaokrouhlené na násobky 5s.

Tab. 10 Průměrné hodnoty vstupního a výstupního zpoždění, dělené dle jednotlivých linek

Dálková doprava		Linka		Ex1		Ex2		Ex3		Ex30		Ex35		IC12					
		vstup	výstup	105	80	100	90	120	70	100	65	100	60	90	5				
R8	R9/31	R11	R12	R13	R19	R31	R32	R33	R34										
70	20	80	-25	85	-25	65	10	80	20	80	15	75	65	75	45	75	10	80	45
Regionální doprava		R4	R6	S1	S2	S3	S6	S7	S37	S41									
		55	35	55	30	50	35	30	25	25	50	55	15	25	5	55	80	50	15

7.2. Jednotlivé výstupní hodnoty a jejich komentář

Při posuzování stability simulačního scénáře „B – Petrov“, provedené pomocí srovnání sumárních vstupních a výstupních zpoždění do systému pro jednotlivé linky, segmenty i celek, bylo zjištěno, že celkové výstupní zpoždění v oblasti simulace neroste, takovýto provoz je dlouhodobě provozovatelný (nejenom pro simulovaný rozsah 4 h v rámci dopravní špičky, ale obecně) a je, za daných předpokladů a okrajových podmínek, provozovatelný po neomezeně dlouhou dobu.

Nárůst zpoždění v systému sumárně neexistuje, dokonce dochází systematicky k jeho snižování, což znamená, že jako celek systém je, za předpokládaných okolností, stabilní. Segment dálkové osobní dopravy vykazuje jasný pokles celkové sumy zpoždění (úroveň kvality provozu A), regionální doprava se pohybuje na rozhraní A-B (velmi mírný pokles sumárního zpoždění). Osobní doprava vyhodnocená jako celek vykazuje stupeň A, nákladní doprava vykazuje zcela jednoznačný stupeň A.

Některé součásti vykazují i v takovémto ustáleném a fungujícím systému relativně vysoké („C“) nárůsty zpoždění, a třebaže se jedná pouze o potenciálně rizikovou úroveň kvality provozu, mohou negativně ovlivňovat chování ostatních prvků v síti. Proto je považováno za vhodné takové části analyzovat a rozhodnout, zda nejsou vhodná nápravná opatření, zejména pro stabilní zajištění provozu takovýchto linek mimo prostor vlastního simulovaného uzlu, ať již z důvodu vlivu

na provoz okolních tratí (hrany a uzly okolní sítě, zejména s ohledem na křižování na jednokolejných tratích), resp. negativní ovlivňování sebe sama (zpožděné obraty, potažmo již výše zmíněné možnosti křižováním s protivlakem vlastní linky). I bez realizace tohoto doporučení provoz zůstane stabilní.

Potenciálně rizikovou úroveň kvality provozu vykazují linky regionální dopravy S3 a S37, linky dálkové dopravy, resp. nákladního segmentu nejsou dotčeny. Linka S3 vykazuje ve směru na sever systematický nárůst zpoždění na celkovou sumární hodnotu cca dvojnásobku vstupního zpoždění, který je realizován převážně v prostoru hlavního nádraží a Židenic, odkud dochází veskrze k redukci zpoždění směrem do výstupu ze simulace. Jižní směr vykazuje maximálně cca poloviční nárůst oproti směru na sever. Tento nárůst zpoždění nastává prakticky rovnoměrně v úseku Brno-Královo Pole – Brno hl.n., odkud dochází opět k jeho mírné redukci do výstupu ze simulace. Negativní vliv na výši zpoždění má částečně i poměrně krátký pobyt v žst. Brno hl.n., neboť tento, o předpokládané délce cca 2 minuty v obou směrech, neumožňuje v souvislosti s předpokládanými okrajovými podmínkami (zejména značná blízkost minimální doby pobytu a disponibilního času) zkrátit takové zpoždění stejně účinně, jako jiné podobné linky (S3 např.).

Linka S37 vykazuje mírné nárůsty v severním směru zejména v oblasti mezi odjezdem ze zast. Brno-Černovická Terasa a příjezdem do žst. Brno-Židenice, ostatní části jsou proměnné. O cca 50% více zpožděný směr v absolutních hodnotách je směr jižní. Ten vykazuje drobné nárůsty zejména v úseku do Brna-Židenic, následně dochází k velmi mírné redukci absolutní hodnoty zpoždění.

V případech těchto linek je opět vhodné rámcově prověřit situaci na okolních tratích a v okolních uzlech linek, aby byla zajištěna systematická stabilita provozu těchto linek v nesimulovaných uzlech sítě, popř. kritických profilech navazujících tratí tak, aby předpokládané vstupní zpoždění těchto linek (po obratu) zpět do uzlu Brno nebylo vyšší, než nakolik předpokládá pravděpodobnostní model dle [1]. Taková situace může teoreticky vést k cyklickému nárůstu zpoždění, kulminující až rozpadem provozu celé linky. Vzhledem k prognózovaným hodnotám nárůstu zpoždění se ale taková situace jeví být veskrze teoretickou.

Principiálním důvodem nárůstů zpoždění je zejména předpoklad relativně častého a významného vstupního zpoždění, stejně tak jako vliv primárního zpoždění [dle 1]. V případě jeho vzniku dochází k využití maximálních možností vozidla tak, aby dosahované parametry skutečné jízdy odpovídaly minimální možné technické jízdě a neodobouratelné části rezervy (zpravidla cca 2%). V případě vysoké relativní hustoty zastávek v kombinaci s krátkými pobyty a za současné interakce s ostatními vlaky v systému (zadáním definovaný podíl zpožděných vlaků) tak může docházet, byť izolovaně a jen u několika málo linek, k mírnému nárůstu zpoždění.

V prostoru Židenic je provoz dálkové dopravy stabilní, relativně drobné komplikace se týkají jen již výše zmíněných vlaků linek S3 a S37. Vznikající odchylky nepředstavují riziko narušování spolehlivé funkce tohoto infrastrukturního celku i celé simulace.

Závěrem je možné konstatovat, že funkčnost uzlu Brno je při navrhovaném provozním konceptu s velmi vysokou mírou pravděpodobnosti až jistoty zaručena a je proto možné takovýto provozní koncept na předpokládané infrastruktuře a za očekávaných okrajových podmínek zcela bez problémů doporučit k realizaci.

8. ZÁVĚR

Podrobné dopravně technologické posouzení varianty B pomocí simulačních metod potvrdilo přesvědčení, že za daných předpokladů rozsahu infrastruktury ve spojitosti s uvažovaným vozidlovým parkem, navrhovaným provozním konceptem a s předpokládanou mírou výskytu

nepravidelností v běžném provozu vyhovuje navrhovaný provozní koncept plně požadavkům na stabilní provoz v uzlu i jeho okolí, a to i za předpokladu existence vstupních zpoždění a prodloužení uvažovaných dob pobytů ve stanicích a zastávkách.

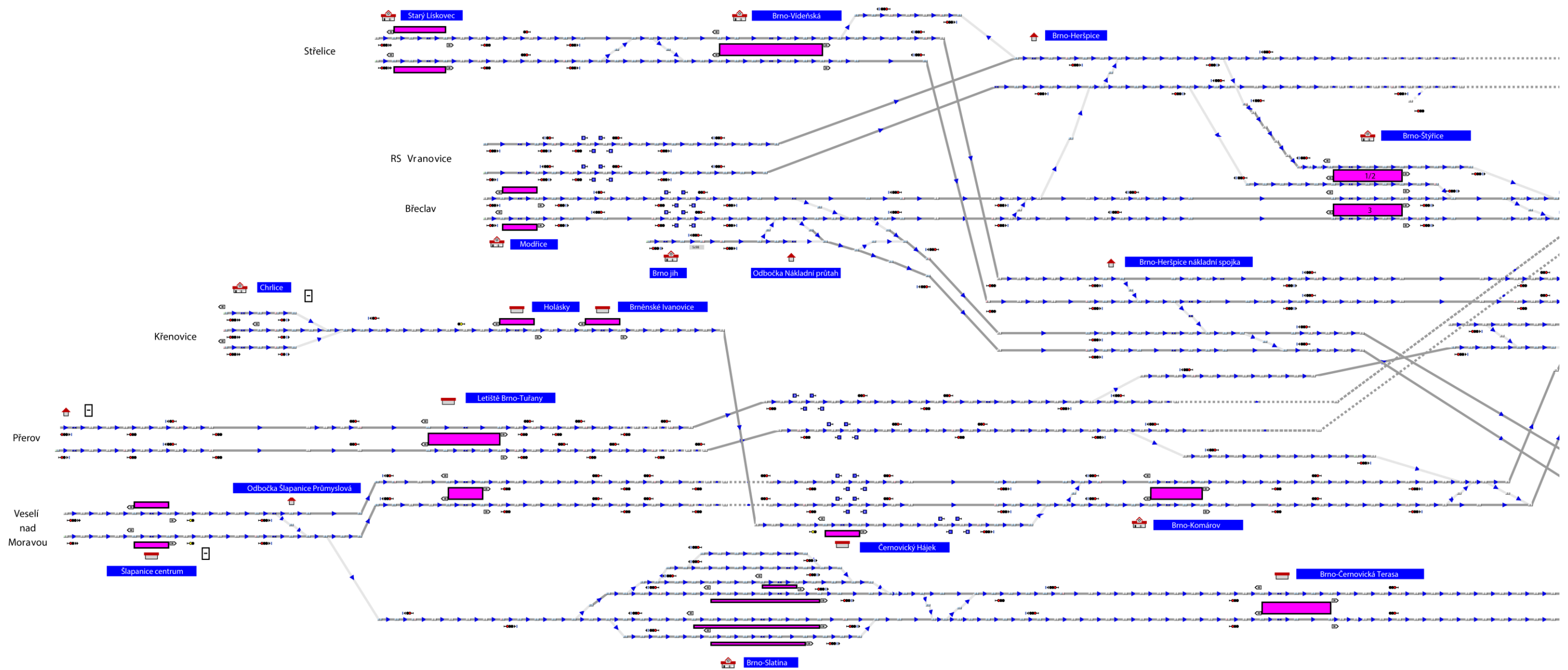
Během simulačního prověřování zcela očekávatelně došlo k plnému potvrzení původního předpokladu, že již Dopravní technologií navržené vhodné segregování provozu vlaků v rámci uzlu po více či méně vzájemně oddělených trasách a koridorech s minimalizací počtu vzájemných konfliktních míst je řádově efektivnějším systémem provozování vlakové dopravy v uzlu než zatěžování infrastruktury velkým množstvím vzájemně konfliktních požadavků v rámci třebaže rozsáhlých úrovnových zhlaví, navíc kombinujících provoz všech druhů vlaků dohromady.

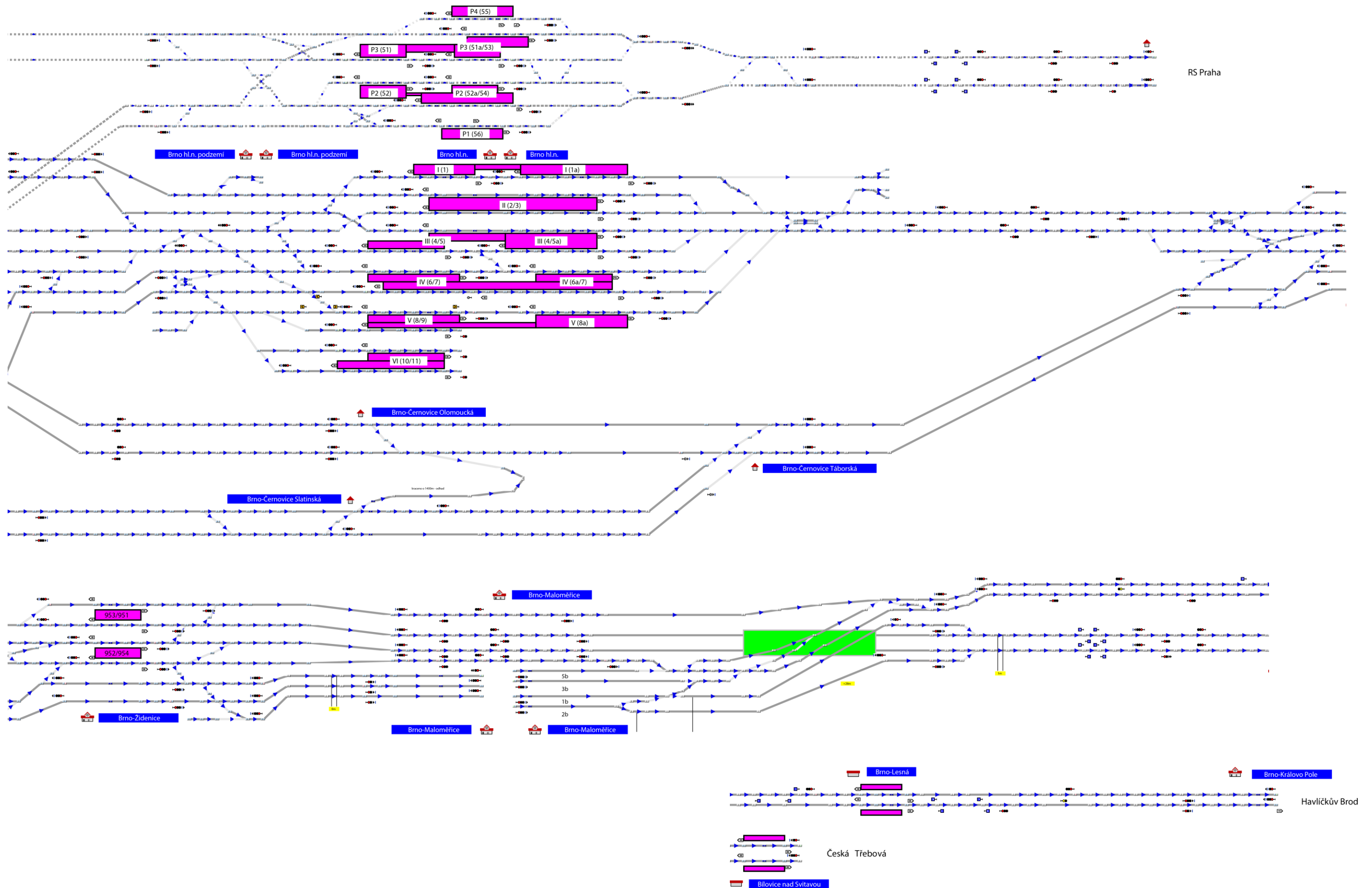
Celková stabilita provozu v ŽUB je dle výstupů simulace plně zaručena. Naprostá většina linek je provozována na nejvyšší úrovni kvality provozu („A“) s velmi málo výjimkami, které provoz v rámci celého uzlu zásadním způsobem nedegradují. Nápravná opatření nejsou nezbytně nutně zapotřebí a uzel, tak jak je v jednotlivých blocích a složkách, včetně Dopravní technologie, navržen, je schopen zajišťovat velmi kvalitní úroveň provozu i za působení vlivu zpoždění a tudíž je možné, z hlediska simulačního prověřování, v zásadě bez výhrad doporučit realizaci předmětného záměru v této variantě k realizaci.

9. POUŽITÉ PRAMENY

- [1] Deutsche Bahn AG: Richtlinie 405 „Fahrwegkapazität“
- [2] Pachel, J.: Systemtechnik des Schienenverkehrs
- [3] Hansen, I.A., Pachel, J.: Railway Traffic & Timetable
- [4] *kolektiv autorů* DB-Fachbuch „Eisenbahnbetriebstechnologie“

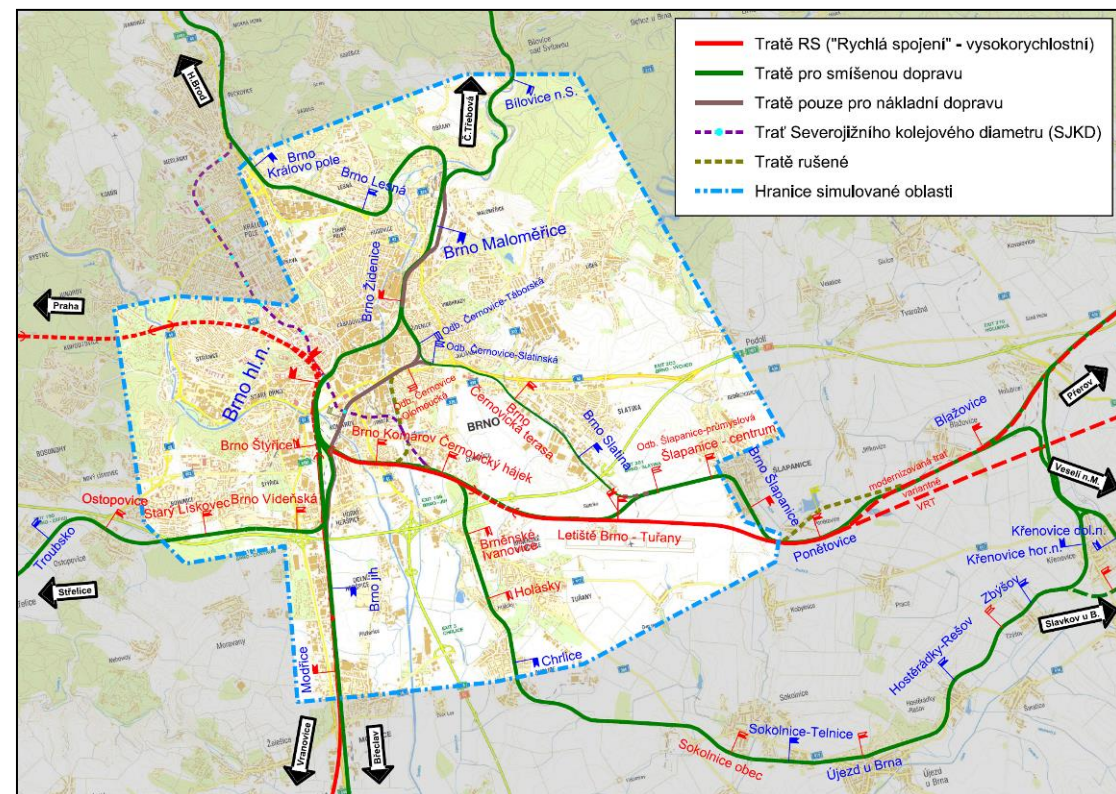
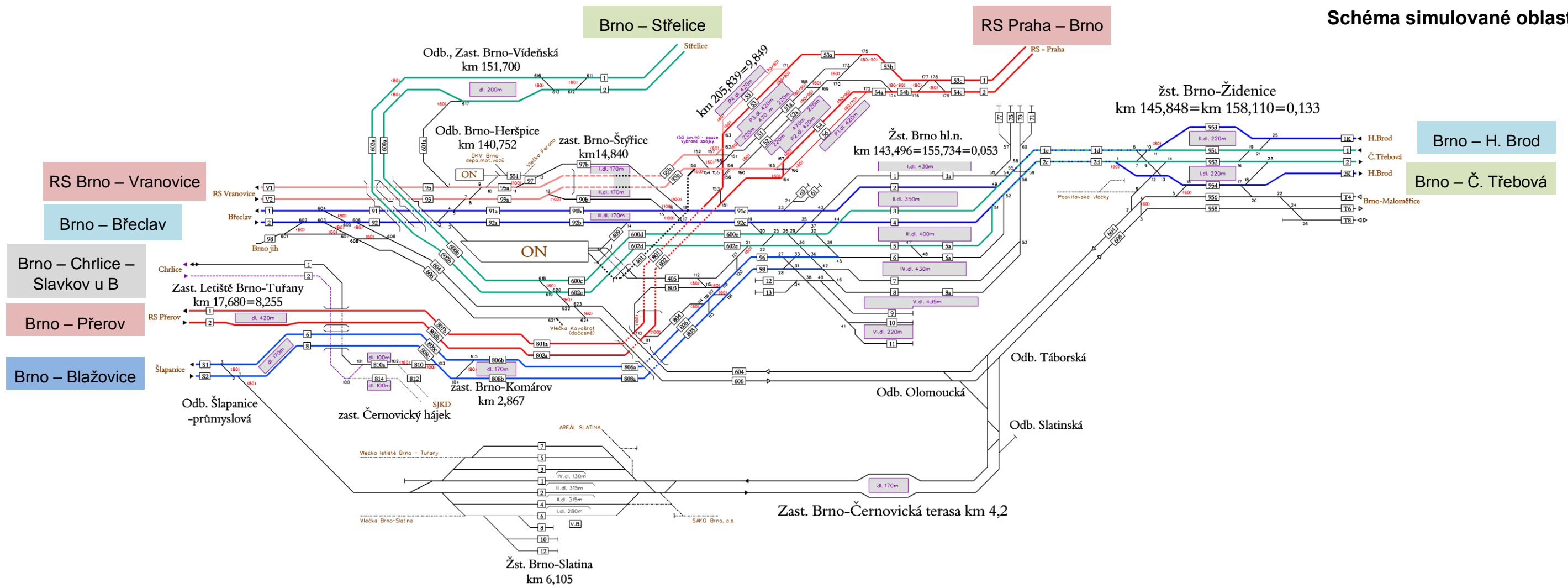
Příloha č.1
Schéma simulačního modelu infrastruktury – varianta „B“





Příloha č.2

Schéma simulované oblasti



Příloha č.5

Zobrazení jízd vlaků vybraných linek

Graf zobrazuje jízdy referenčních spojů vybraných linek (S3 a S37 s největším nárůstem zpoždění) přes všechny scénáře zpoždění dle kapitoly 7.

Legenda:

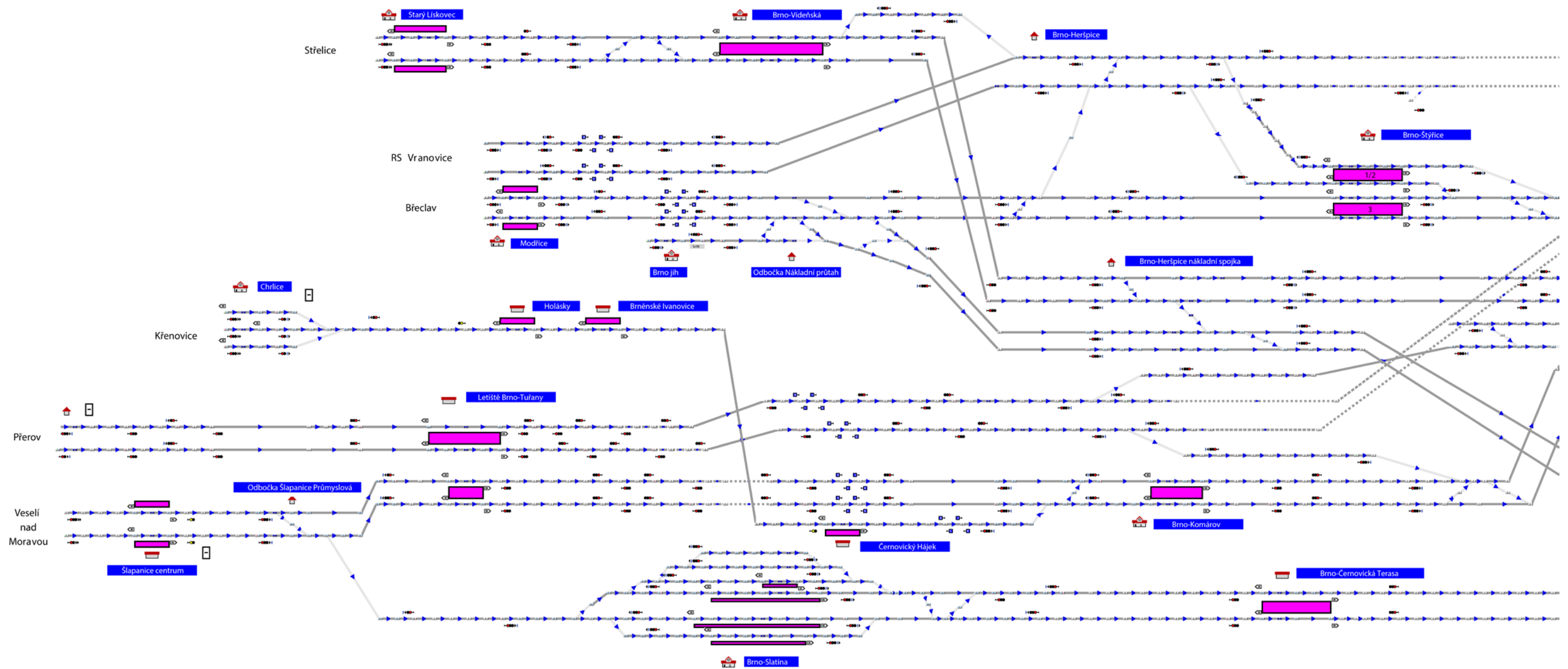
Černá – realizovaná jízda vlaku

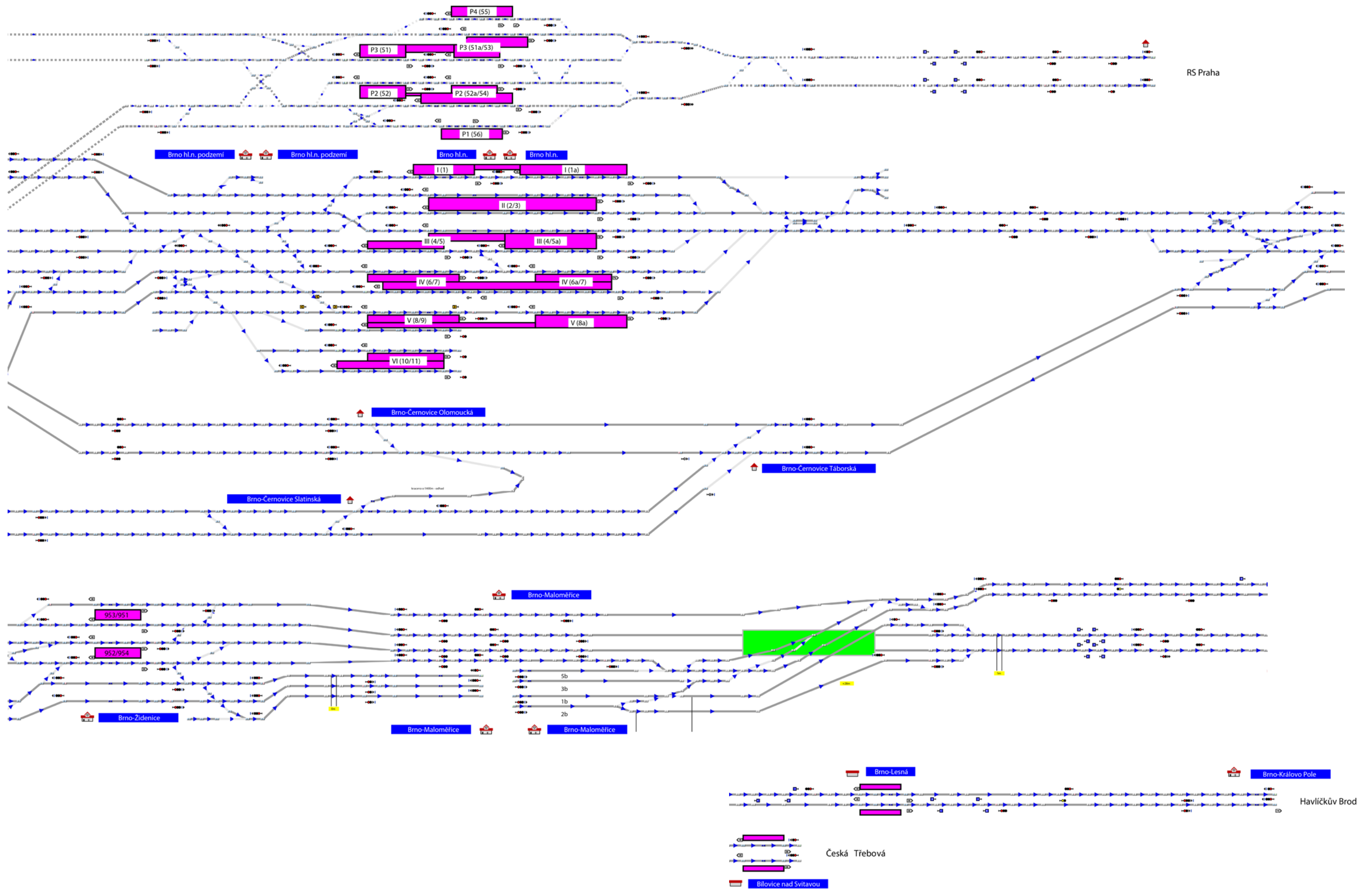
Zelená – plánovaná jízda vlaku dle jízdního řádu

Žlutá – průměrná jízda vlaku (medián)

Červená – 90% kvantil

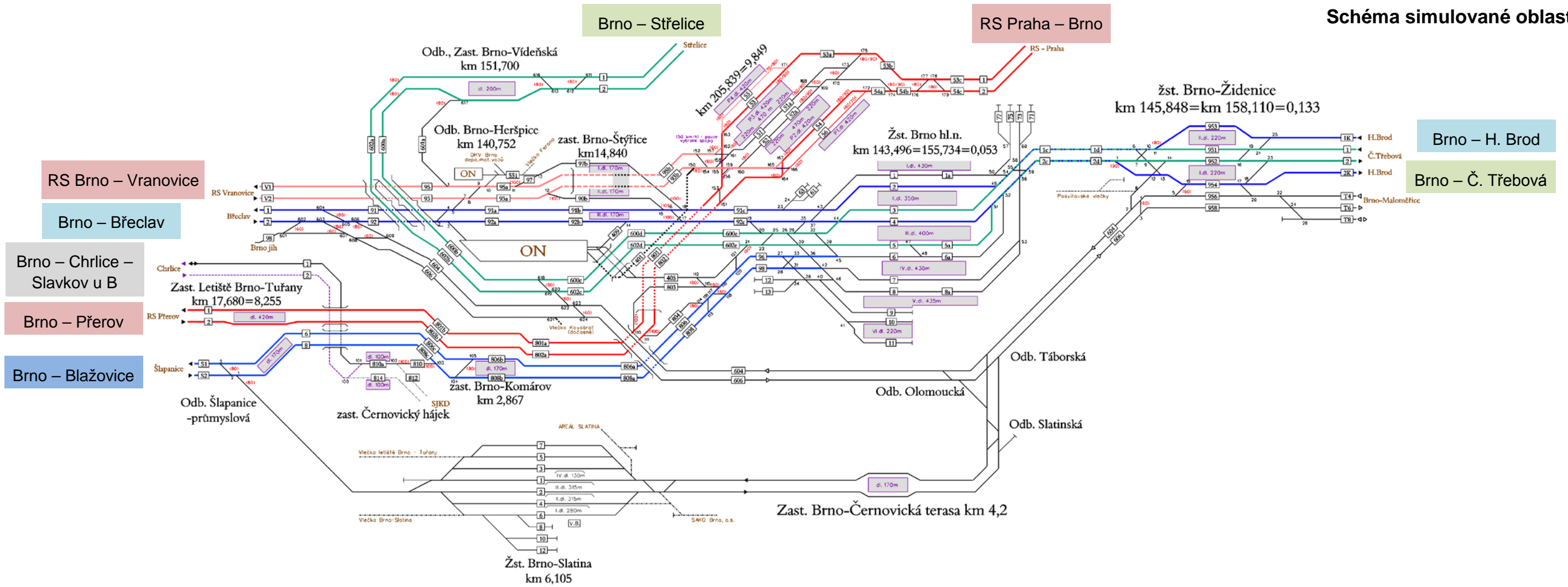
Příloha č.1
Schéma simulačního modelu infrastruktury – varianta „B“





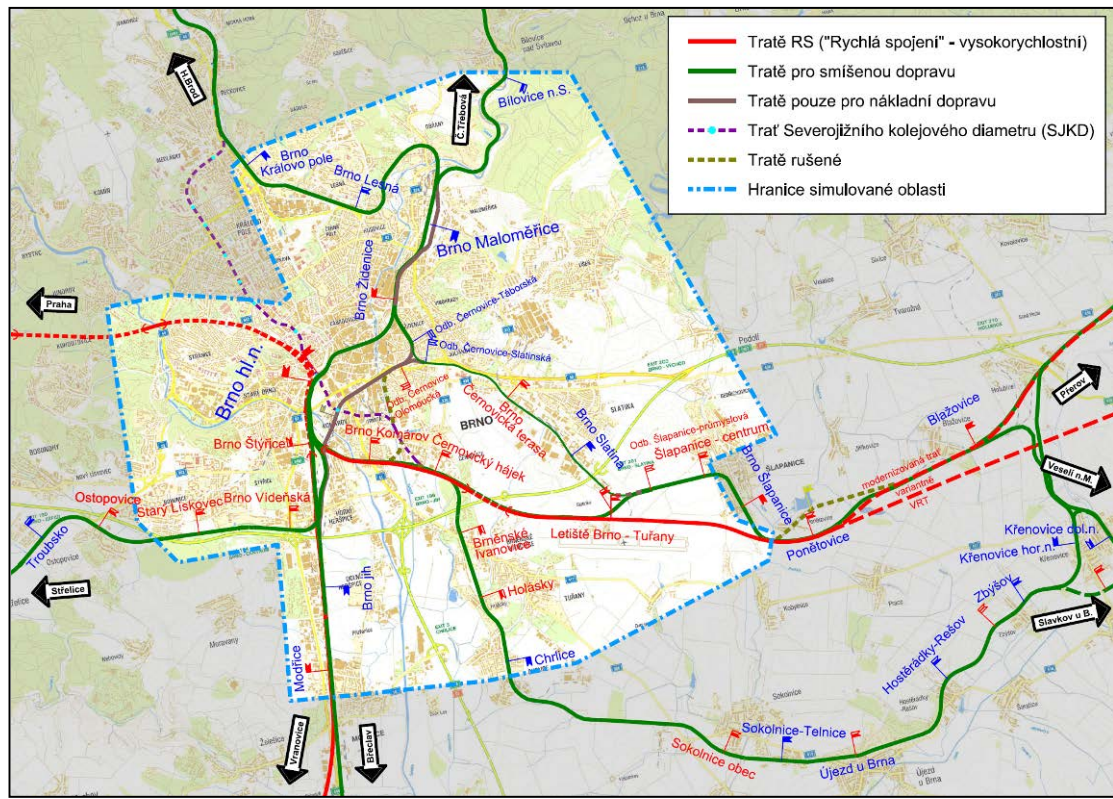
Příloha č.2

Schéma simulované oblasti



- RS Brno – Vranovice
- Brno – Břeclav
- Brno – Chrlice – Slavkov u B
- Brno – Přerov
- Brno – Blažovice

- Brno – H. Brod
- Brno – Č. Třebová



Příloha č.3

Splněné grafikony ze simulace „bez poruch a bez nepravidelností“

Seznam traťových úseků:

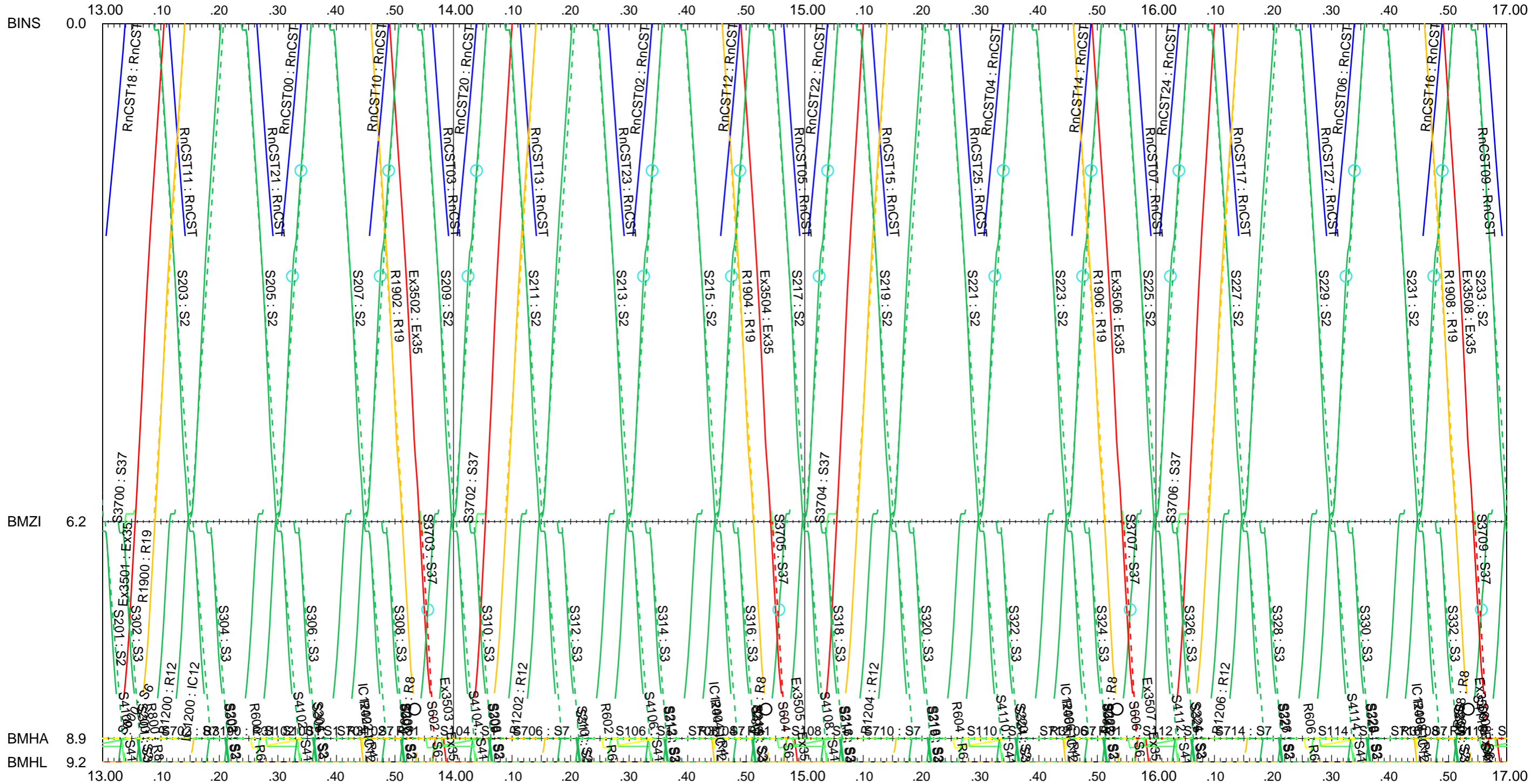
Bílovice nad Svitavou – Brno-Maloměřice (ND)
 Bílovice nad Svitavou – Brno hlavní nádraží
 Brno-Královo Pole – Brno hlavní nádraží
 Brno-Královo Pole – Brno-Maloměřice (ND)
 Chrlice – Brno hlavní nádraží
 Modřice – Brno hlavní nádraží
 Modřice – Brno-Maloměřice (Nákladní průtah)
 Šlapanice centrum – Brno hlavní nádraží
 Šlapanice centrum – Brno-Židenice
 Starý Lískovec – Brno hlavní nádraží
 RS Praha – Brno hlavní nádraží
 RS Přerov – Brno hlavní nádraží
 RS Přerov – Brno hlavní nádraží (podzemí)
 RS Vranovice – Brno hlavní nádraží

Seznam stanic a použitých zkratk:

BINS	Bílovice nad Svitavou
BIVA	Brněnské Ivanovice
BLET	Letiště Brno-Tuřany
BMCE	Brno-Černovice
BMCO	Brno-Černovice Olomoucká
BMCS	Brno-Černovice Slatinská
BMCT	Brno-Černovice Tábořská
BMCZ	Brno-Černovická Terasa
BMHA	Brno hl.n. (severní koleje)
BMHE	Brno-Heršpice
BMHL	Brno hl.n.
BMHN	Brno-Heršpice nákladní spojka
BMHP	Brno hl.n. podzemní koleje
BMJI	Brno jih
BMKO	Brno-Komárov
BMKP	Brno-Královo Pole
BMLE	Brno-Lesná
BMMA, BMMS1, BMMS2	Brno-Maloměřice
BMMS3	Brno-Maloměřice St. 3
BMMS6	Brno-Maloměřice St. 6
BMNP	Odbočka Nákladní průtah
BMSL	Brno-Slatina
BMST	Brno-Štýřice
BMVI	Brno-Vídeňská
BMZI	Brno-Židenice
HOLA	Holásky
CHAJ	Černovický Hájek
CHRL	Chrlice

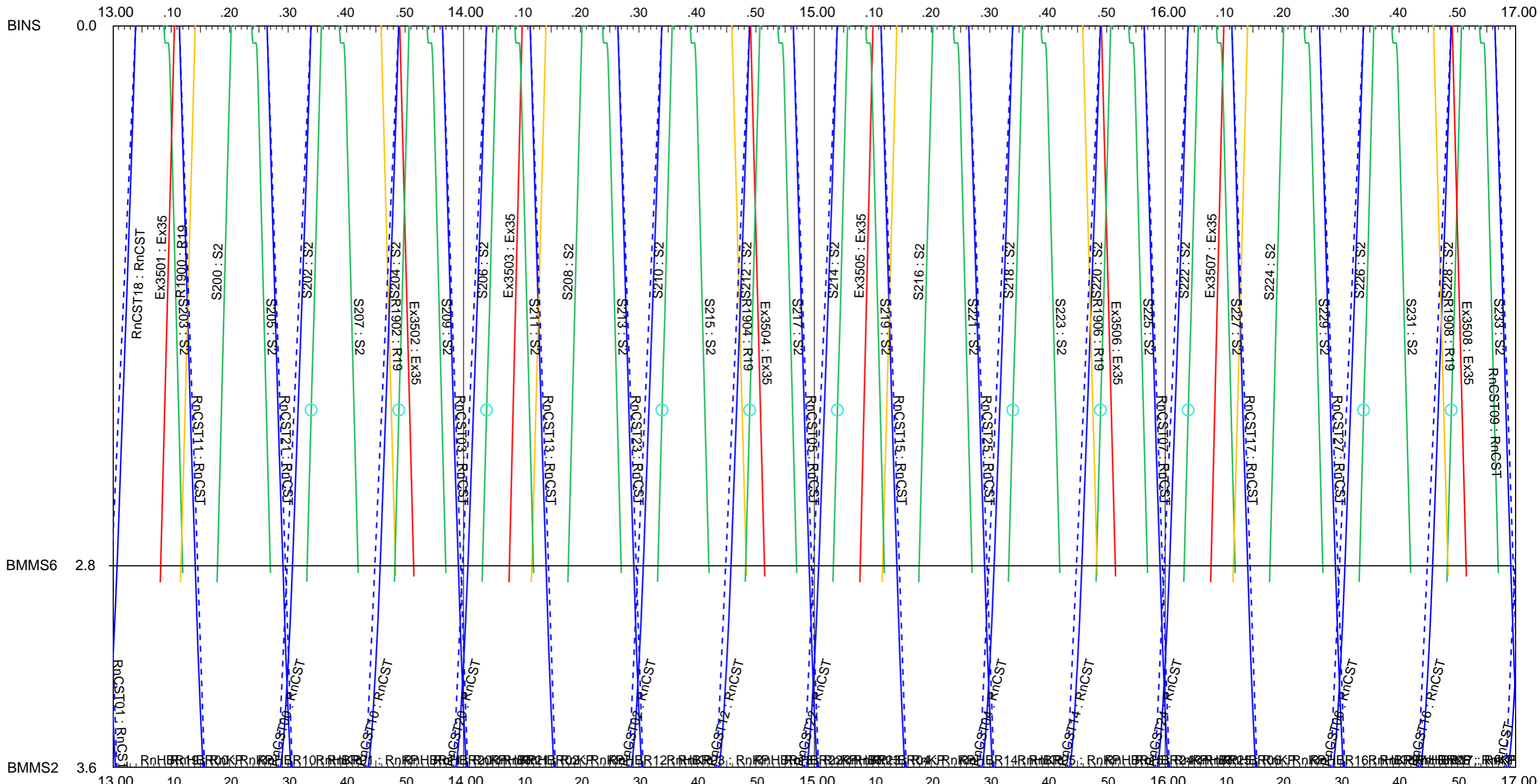
MODR	Modřice
ONA	Odstavné nadraží A
ONB	Odstavné nadraží B
OSLP	Odbočka Šlapanice Průmyslová
SLAC	Šlapanice centrum
SLIS	Starý Lískovec
ZUPH	km 201,000 RS Praha
ZUPR	km 21,000 RS Přerov
ZUST	km 149,685 směr Střelice

Bílovice nad Svitavou - Brno hl.n.



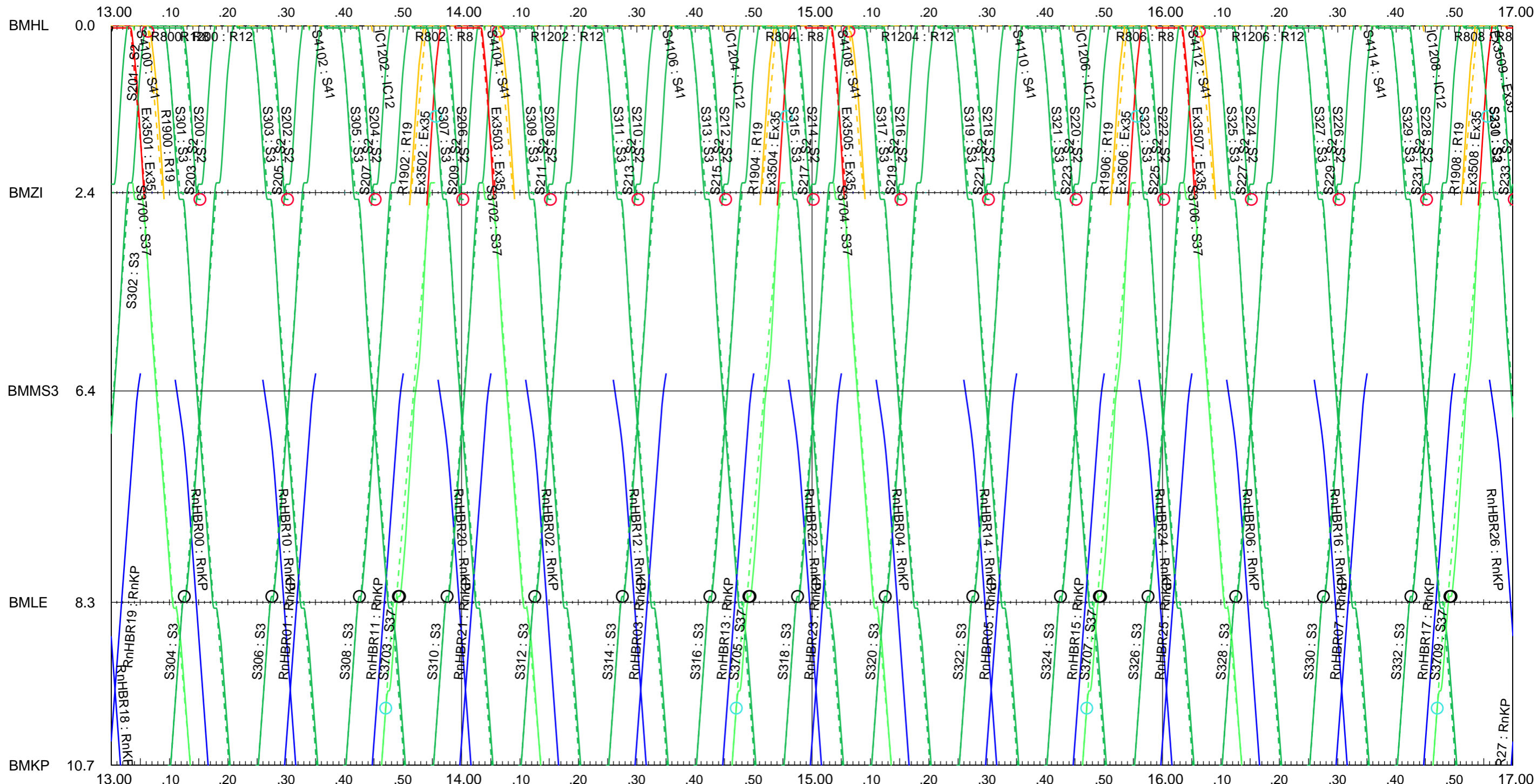
- Legenda
- 1-Expres
 - 2-R rychly
 - 3-R pomalu
 - 4-Os hlavni
 - - - 5-Os vedlejsi
 - 6-Nakladni rychly
 - 7-Nakladni stredni
 - 8-Nakladni pomaly
 - Brzdění - vlakova cesta
 - Brzdění k navestidlu
 - Brzdění k vystraze
 - Zastavení u navestidla
 - Pozdni prijezd
 - Pozdni odjezd
 - Pozdni prujezd

Bílovice nad Svitavou - Brno-Maloměřice



- Legenda
- 1-Expres
 - 2-R rychly
 - 3-R pomalu
 - 4-Os hlavni
 - 5-Os vedlejsi
 - 6-Nakladni rychly
 - 7-Nakladni stredni
 - 8-Nakladni pomaly
 - Brzdeni - vlakova cesta
 - Brzdeni k navestidlu
 - Brzdeni k vystraze
 - Zastaveni u navestidla
 - Pozdni prijezd
 - Pozdni odjezd
 - Pozdni prujezd

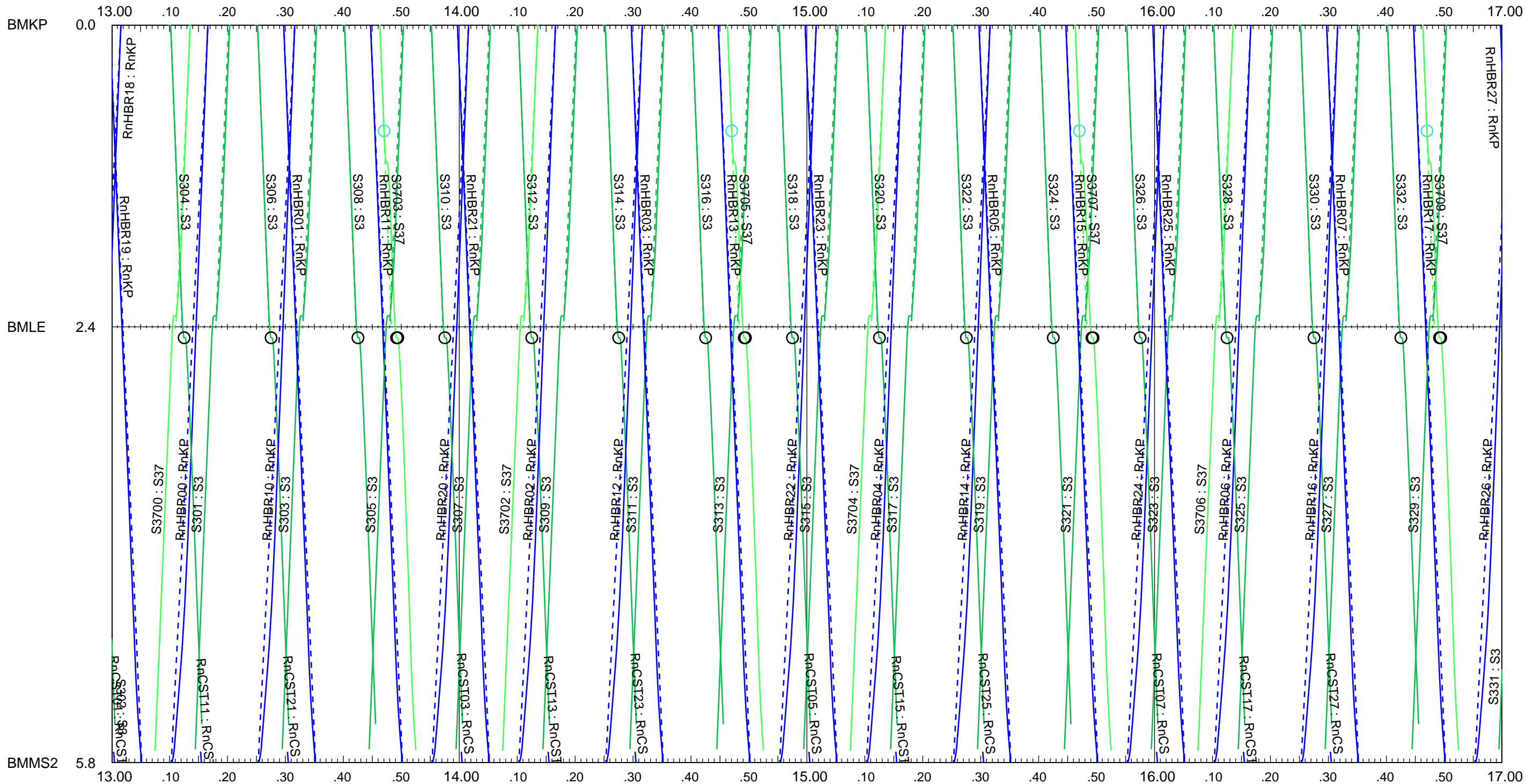
Brno hl.n. - Brno-Královo Pole



Legenda

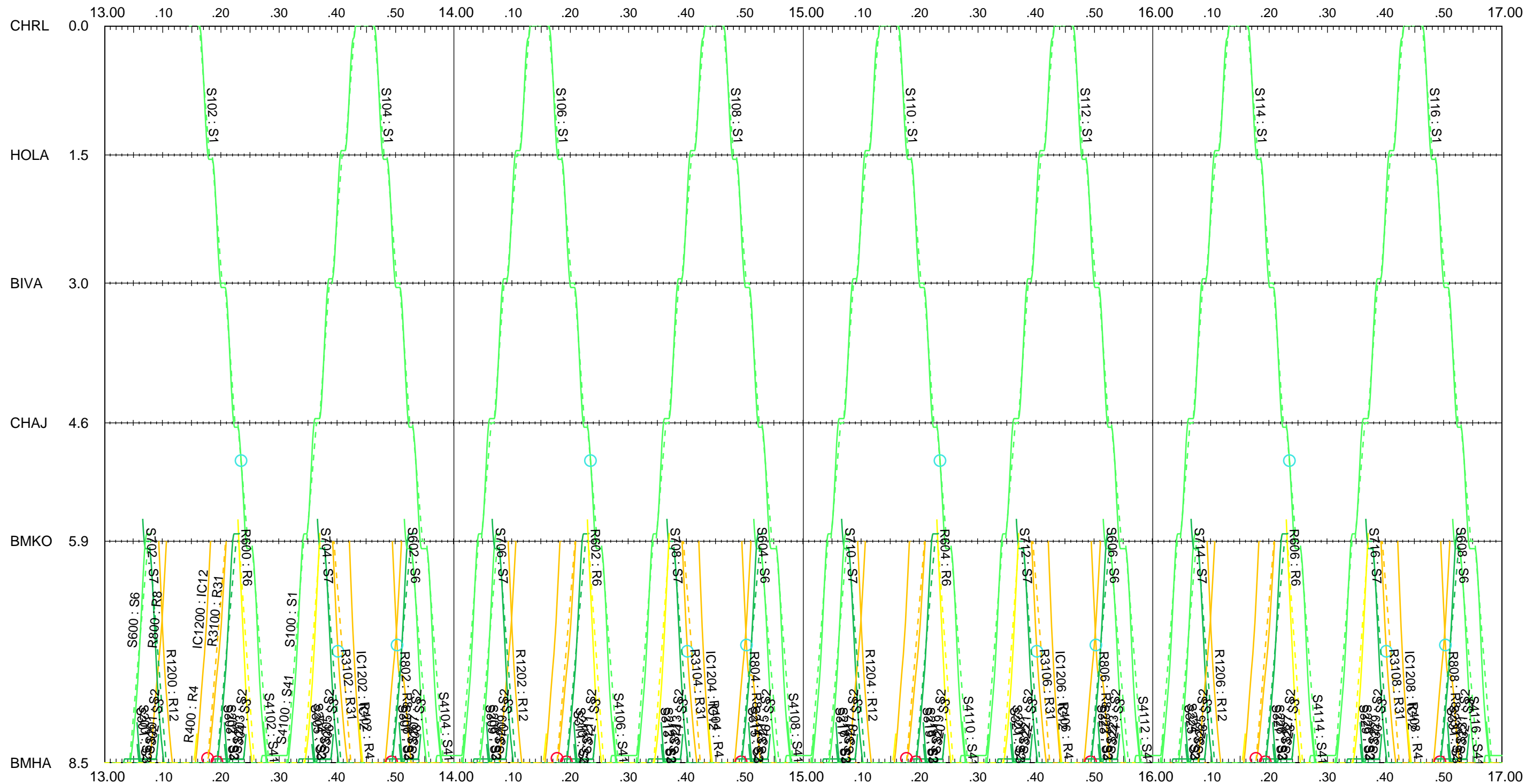
- | | | | |
|--|-------------------|---------------------------------------|-------------------------|
| — | 1-Expres | ○ | Brzdění - vlaková cesta |
| — | 2-R rychly | — | Brzdění k navedidlu |
| — | 3-R pomalu | ○ | Brzdění k vystraze |
| — | 4-Os hlavni | ○ | Zastavení u navedidla |
| - - - | 5-Os vedlejsi | ○ | Pozdni prijezd |
| — | 6-Nakladni rychly | ○ | Pozdni odjezd |
| — | 7-Nakladni sredni | ○ | Pozdni prujezd |
| — | 8-Nakladni pomaly | | |

Brno-Královo Pole - Brno-Maloměřice



- Legenda
- 1-Expres
 - Brzdění - vlakova cesta
 - 2-R rychle
 - Brzdění k navestidlu
 - 3-R pomalu
 - Brzdění k vystraze
 - 4-Os hlavní
 - Zastavení u navestidla
 - 5-Os vedlejší
 - Pozdni prijezd
 - - - 6-Nakladni rychle
 - Pozdni odjezd
 - - - 7-Nakladni stredni
 - Pozdni prujezd
 - · · 8-Nakladni pomaly

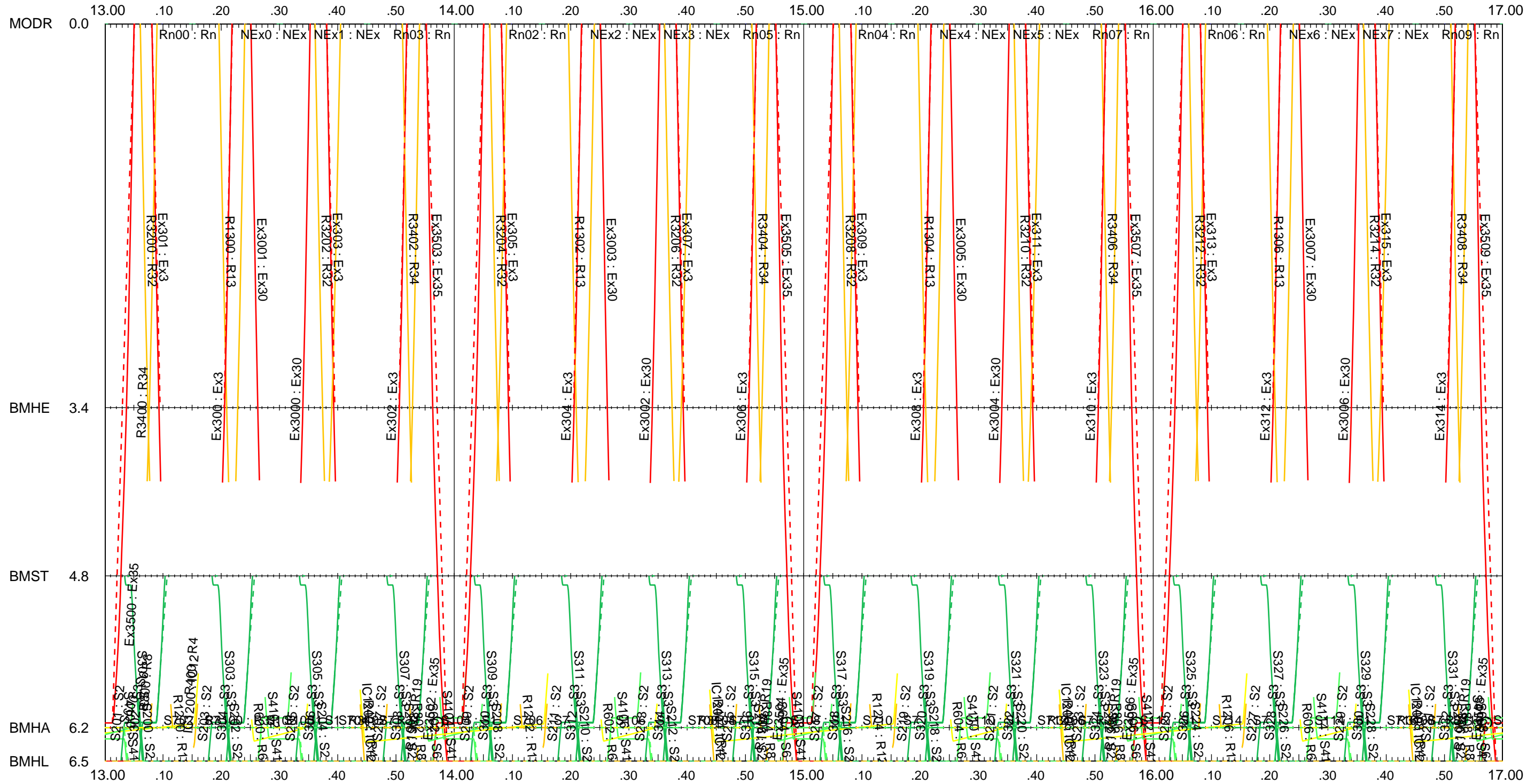
Chrlice - Brno hl.n.



Legenda

- | | | | |
|---|--------------------|---------------------------------------|-------------------------|
| — | 1-Expres | ○ | Brzdeni - vlakova cesta |
| — | 2-R rychly | ○ | Brzdeni k navestidlu |
| — | 3-R pomalu | ○ | Brzdeni k vystraze |
| — | 4-Os hlavni | ○ | Zastaveni u navestidla |
| — | 5-Os vedlejsi | ○ | Pozdni prijezd |
| — | 6-Nakladni rychly | ○ | Pozdni odjezd |
| — | 7-Nakladni stredni | ○ | Pozdni prujezd |
| — | 8-Nakladni pomaly | | |

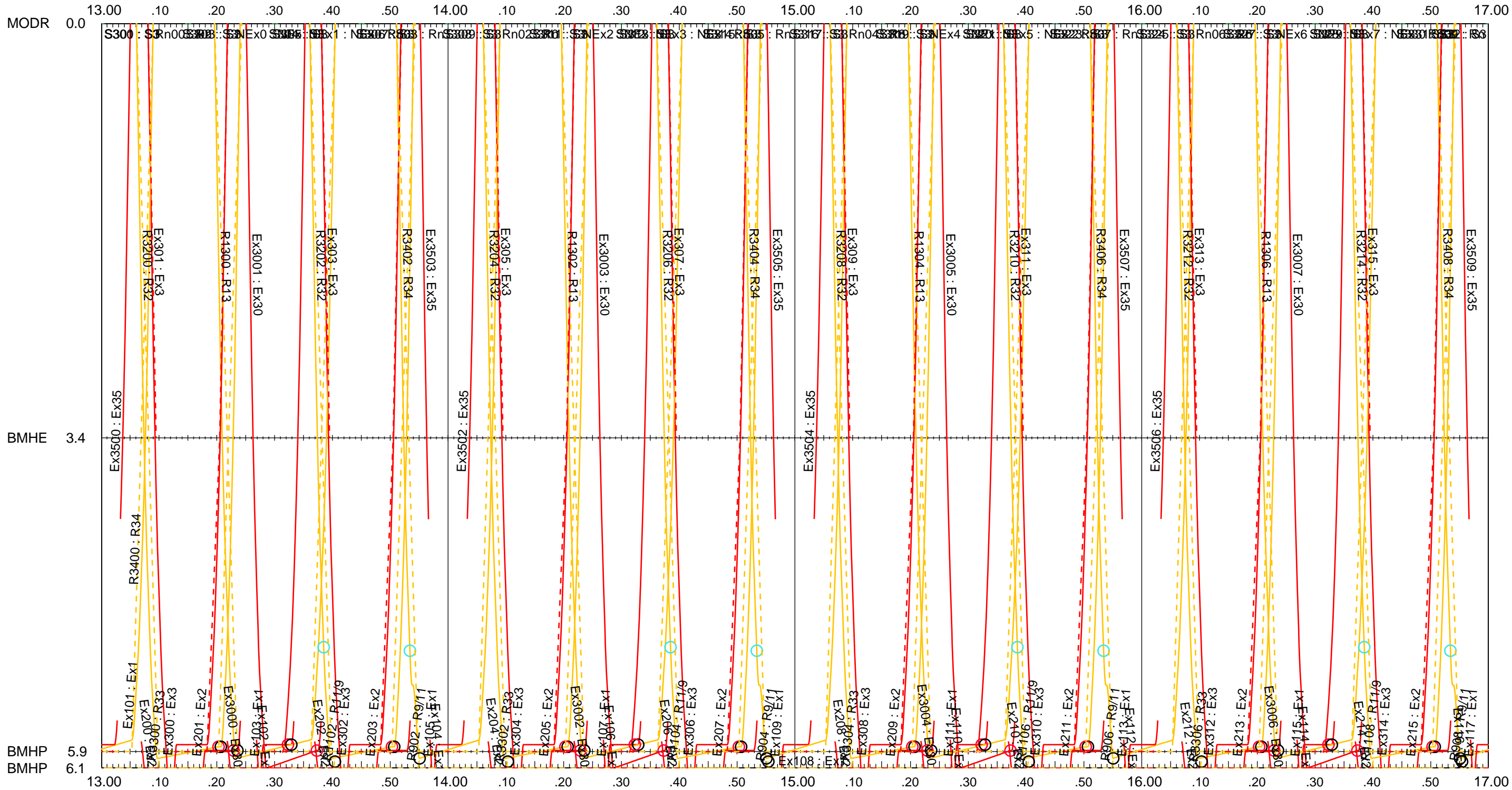
Modřice - Brno hl.n.



Legenda

- | | |
|--|--|
| — 1-Expres | ○ Brzdeni - vlakova cesta |
| — 2-R rychly | ○ Brzdeni k navestidlu |
| — 3-R pomalu | ○ Brzdeni k vystraze |
| — 4-Os hlavni | ○ Zastaveni u navestidla |
| — 5-Os vedlejsi | ○ Pozdni prijezd |
| — 6-Nakladni rychly | ○ Pozdni odjezd |
| — 7-Nakladni stredni | ○ Pozdni prujezd |
| — 8-Nakladni pomaly | |

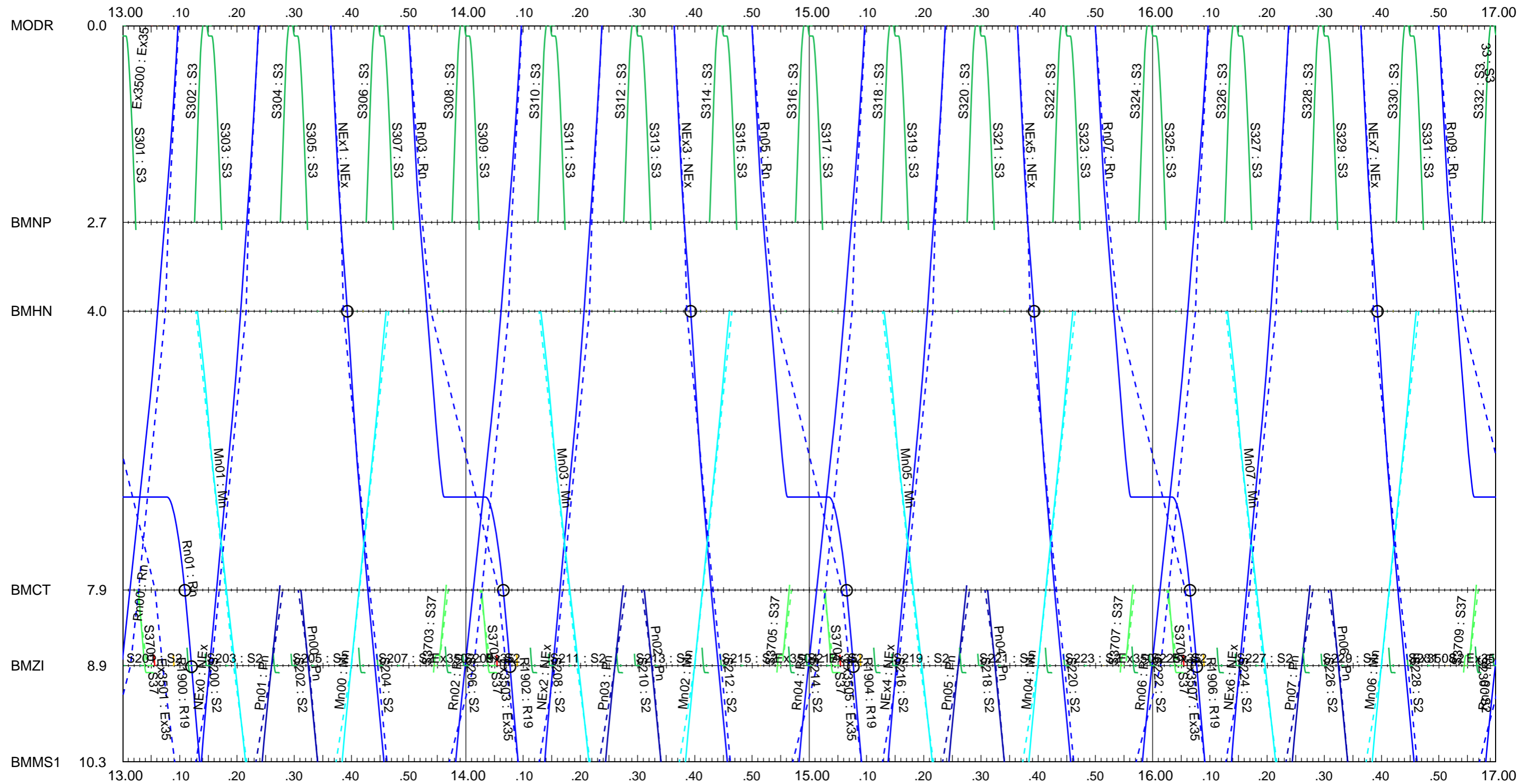
RS Modřice - Brno hl.n.



Legenda

- 1-Expres
- 2-R rychly
- 3-R pomalu
- 4-Os hlavni
- 5-Os vedlejsi
- 6-Nakladni rychly
- 7-Nakladni sredni
- 8-Nakladni pomaly
- Brzdeni - vlakova cesta
- Brzdeni k navestidlu
- Brzdeni k vystraze
- Zastaveni u navestidla
- Pozdni prijezd
- Pozdni odjezd
- Pozdni prujezd

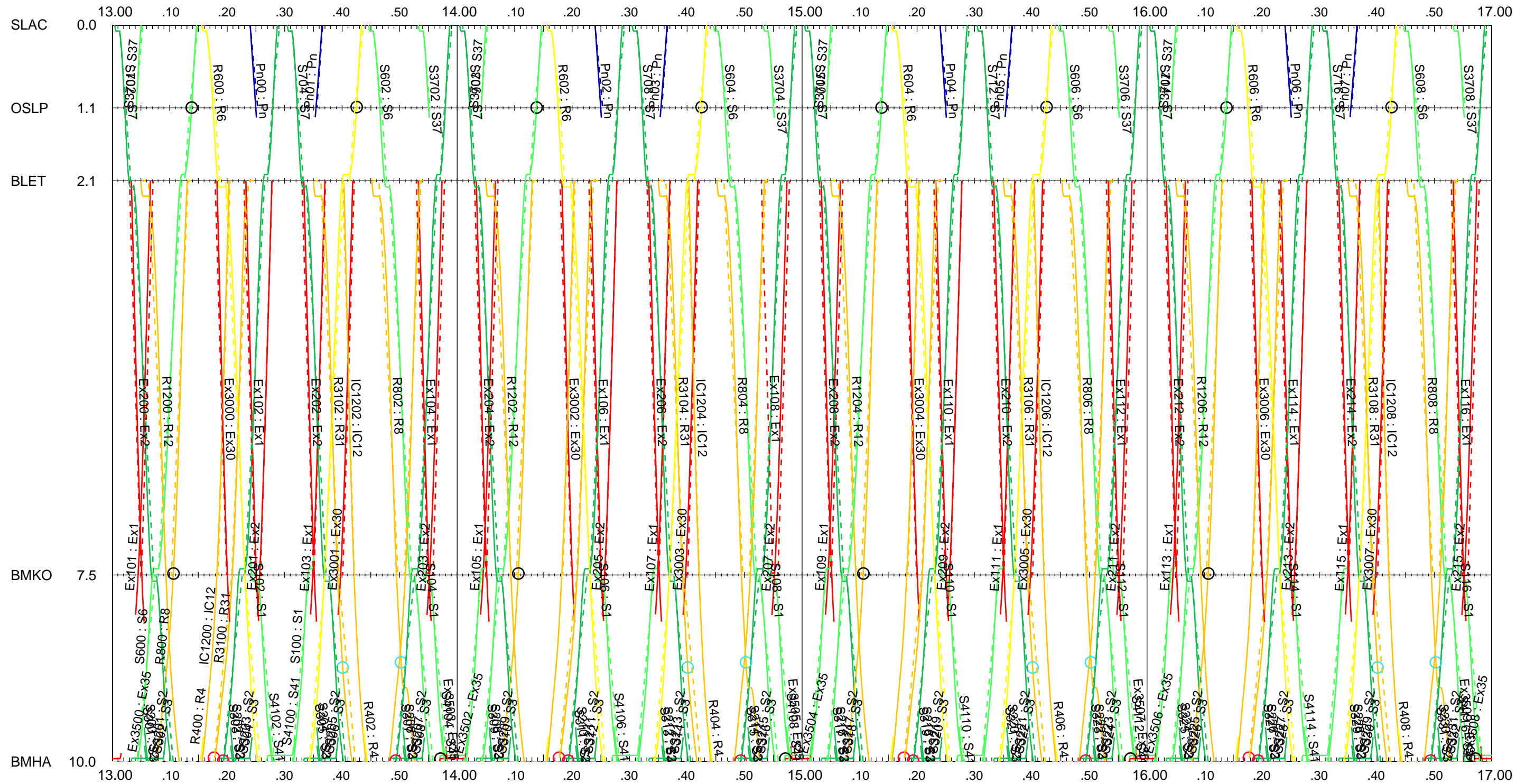
Modřice - Brno-Maloměřice (Nákladní průtah)



Legenda

- 1-Expres
- 2-R rychly
- 3-R pomalu
- 4-Os hlavni
- 5-Os vedlejsi
- 6-Nakladni rychly
- 7-Nakladni stredni
- 8-Nakladni pomaly
- Brzdeni - vlakova cesta
- Brzdeni k navestidlu
- Brzdeni k vystraze
- Zastaveni u navestidla
- Pozdni prijezd
- Pozdni odjezd
- Pozdni prujezd

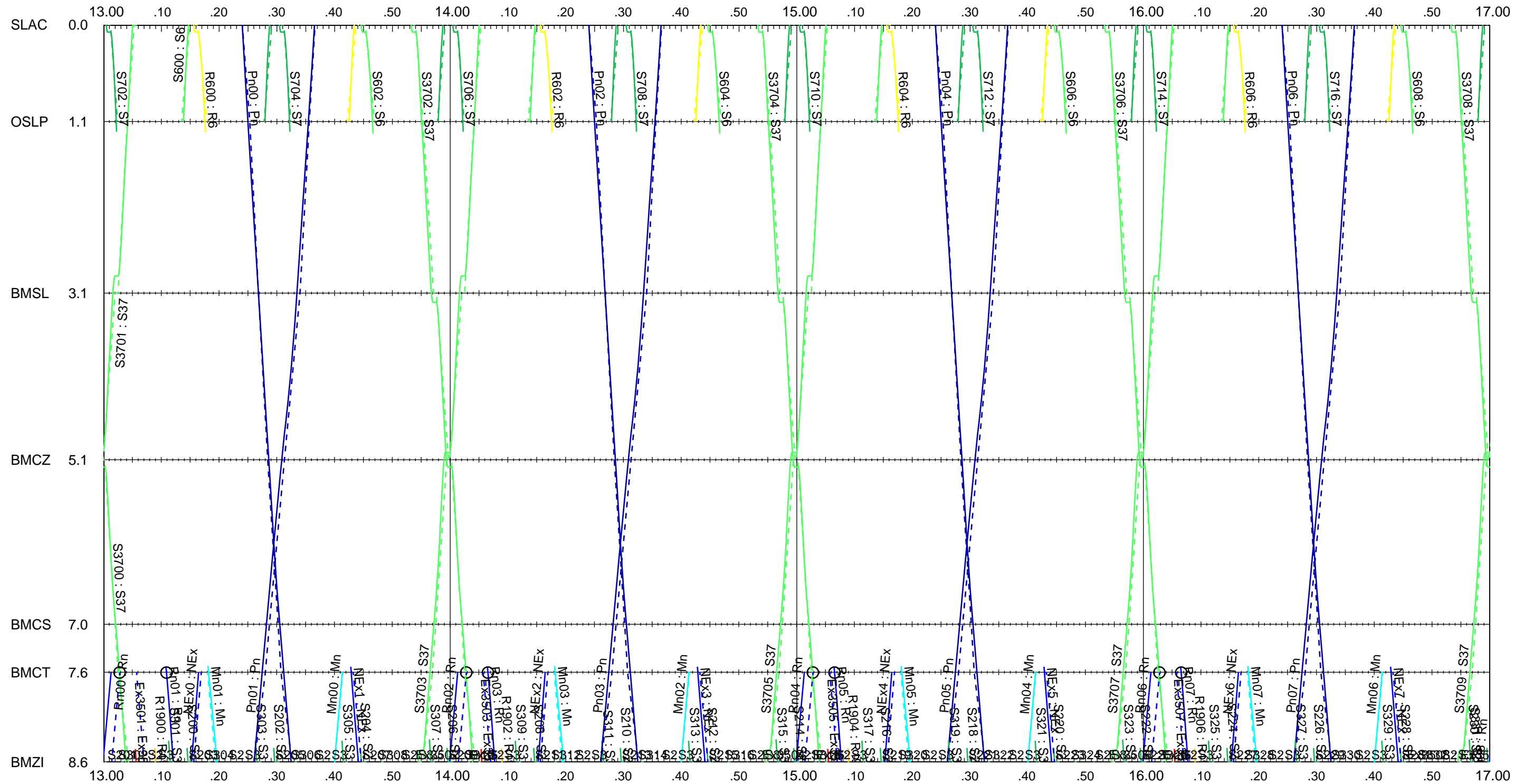
Šlapanice centrum - Brno hl.n.



Legenda

- | | |
|---|---|
| — 1-Expres | ○ Brzdění - vlakova cesta |
| — 2-R rychly | ○ Brzdění k navěstidlu |
| — 3-R pomalu | ○ Brzdění k vystraze |
| — 4-Os hlavni | ○ Zastavení u navěstidla |
| — 5-Os vedlejsi | ○ Pozdni prijezd |
| — 6-Nakladni rychly | ○ Pozdni odjezd |
| — 7-Nakladni stredni | ○ Pozdni prujezd |
| — 8-Nakladni pomaly | |

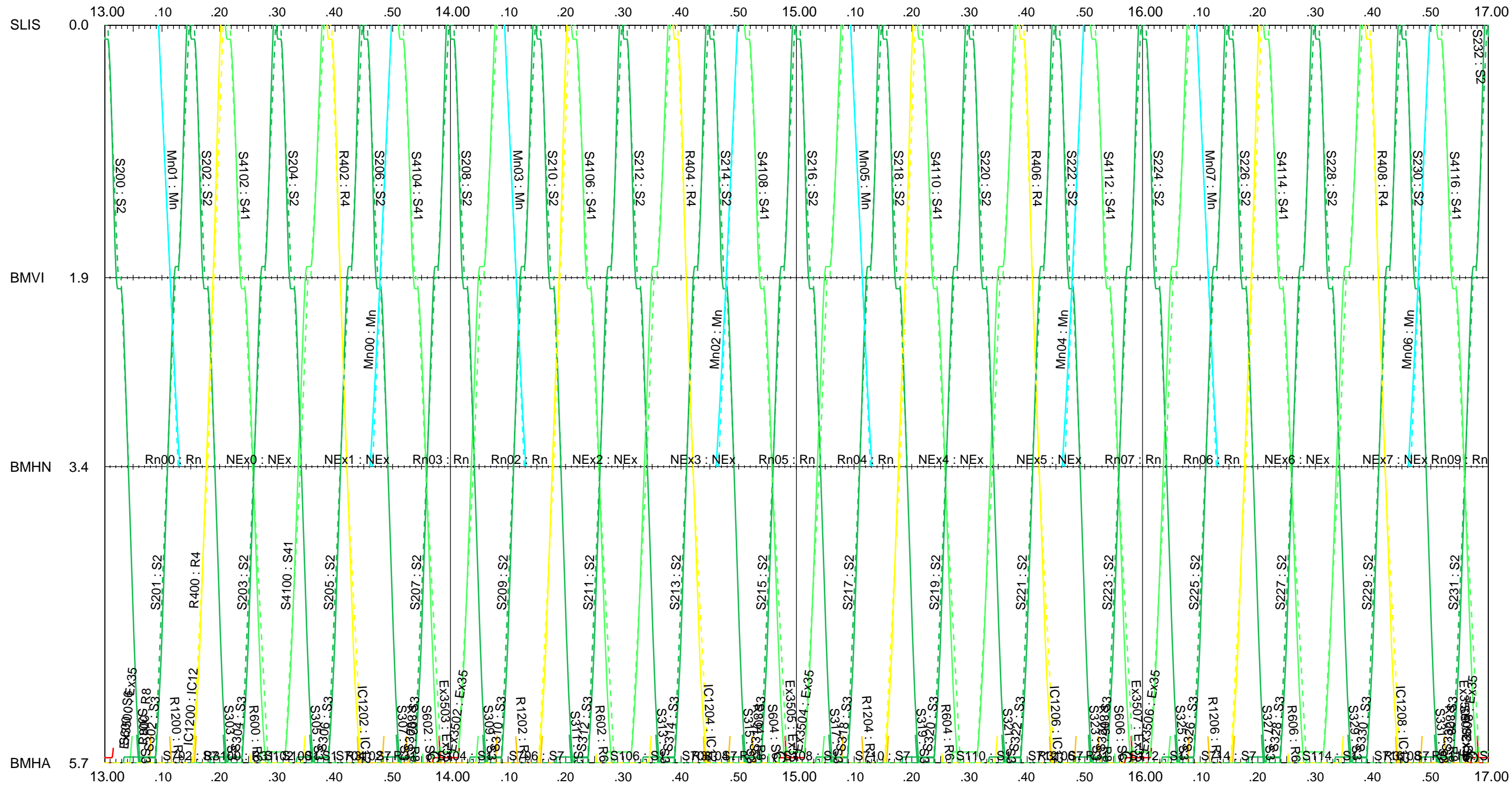
Šlapanice centrum - Brno-Židenice



Legenda

- | | |
|--|---|
| — 1-Expres | ○ Brzdeni - vlakova cesta |
| — 2-R rychly | ○ Brzdeni k navestidlu |
| — 3-R pomalu | ○ Brzdeni k vystraze |
| — 4-Os hlavni | ○ Zastaveni u navestidla |
| — 5-Os vedlejsi | ○ Pozdni prijezd |
| — 6-Nakladni rychly | ○ Pozdni odjezd |
| — 7-Nakladni stredni | ○ Pozdni prujezd |
| — 8-Nakladni pomaly | |

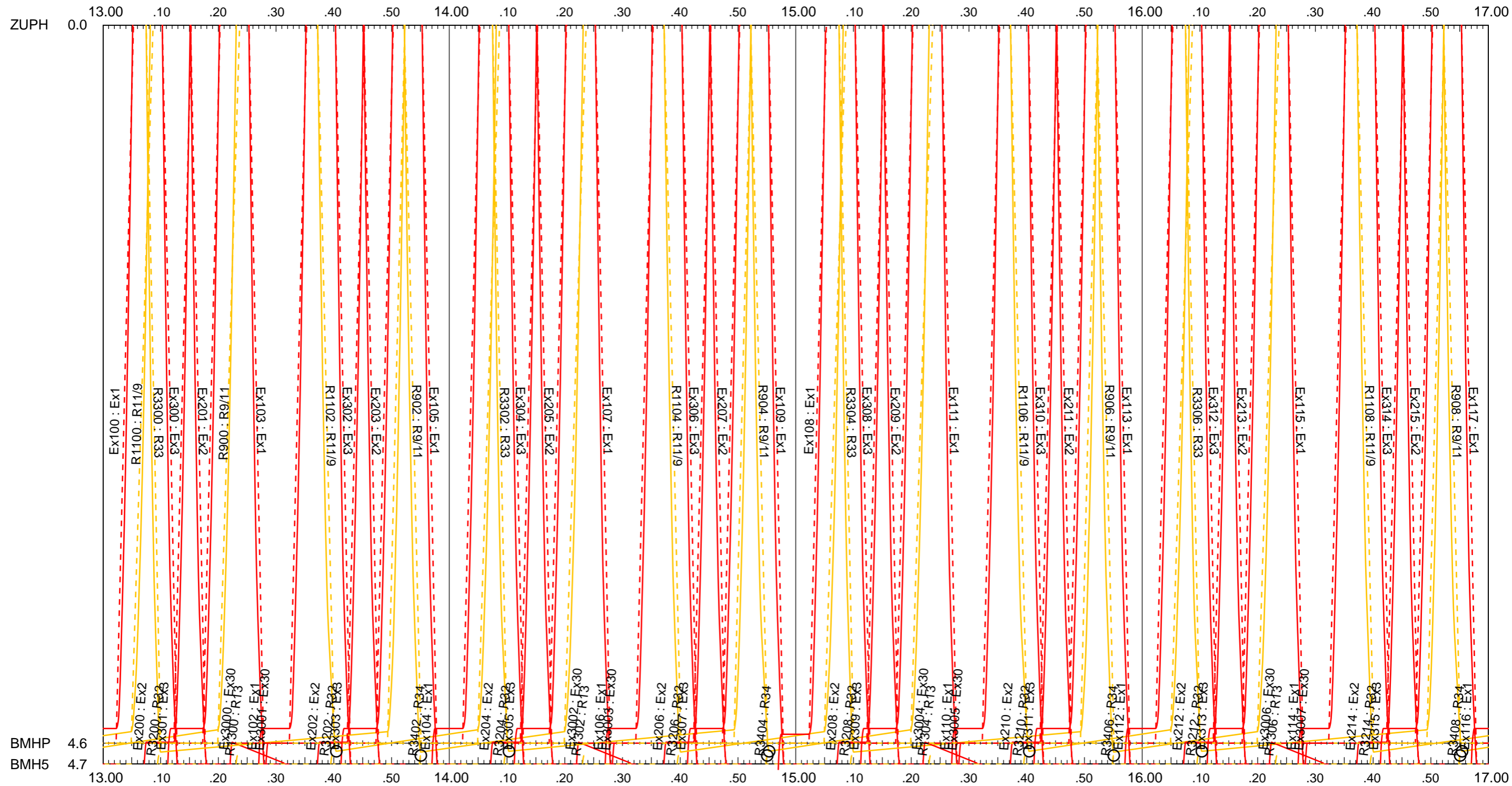
Starý Lískovec - Brno hl.n.



Legenda

- | | |
|---|---|
| — 1-Expres | ○ Brzdeni - vlakova cesta |
| — 2-R rychly | ○ Brzdeni k navestidlu |
| — 3-R pomalu | ○ Brzdeni k vystraze |
| — 4-Os hlavni | ○ Zastaveni u navestidla |
| — 5-Os vedlejsi | ○ Pozdni prijезд |
| — 6-Nakladni rychly | ○ Pozdni odjezd |
| — 7-Nakladni sredni | ○ Pozdni prujezd |
| — 8-Nakladni pomaly | |

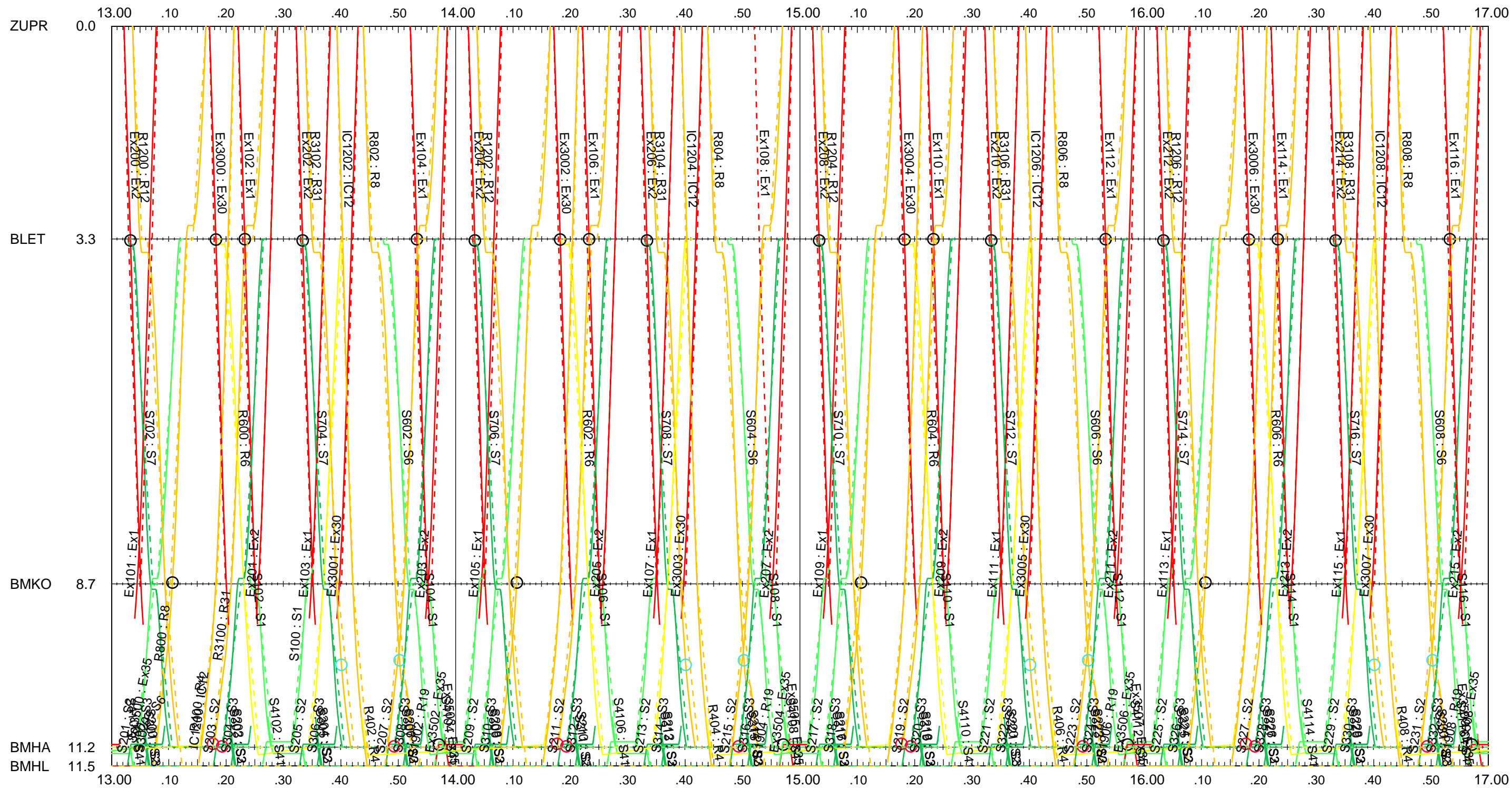
RS Praha - Brno hl.n.



Legenda

- | | |
|--|---|
| — 1-Expres | ○ Brzdeni - vlakova cesta |
| — 2-R rychly | ○ Brzdeni k navestidlu |
| - - - 3-R pomalu | ○ Brzdeni k vystraze |
| — 4-Os hlavni | ○ Zastaveni u navestidla |
| - - - 5-Os vedlejsi | ○ Pozdni prijezd |
| — 6-Nakladni rychly | ○ Pozdni odjezd |
| - - - 7-Nakladni stredni | ○ Pozdni prujezd |
| — 8-Nakladni pomaly | |

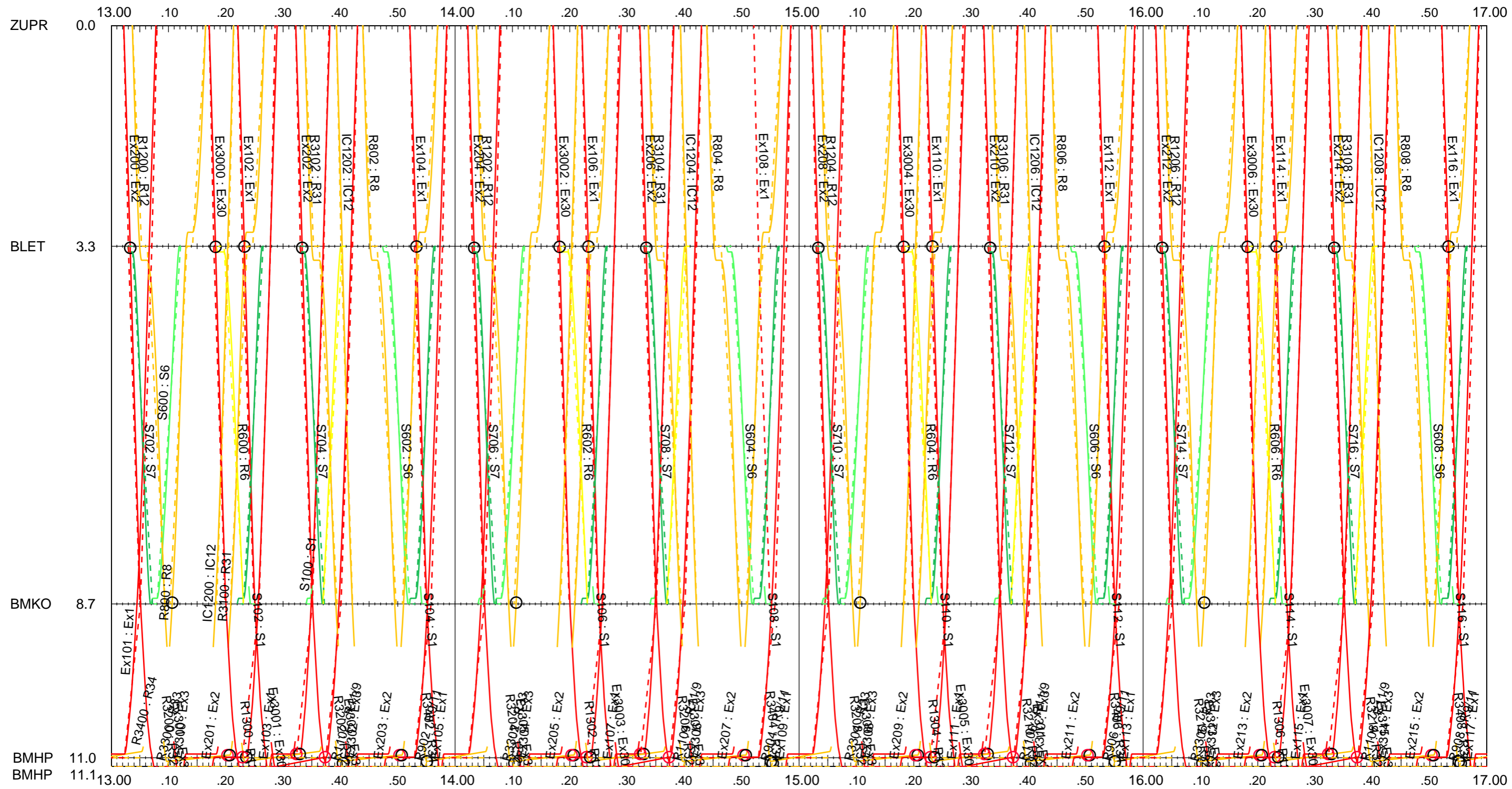
RS Přerov - Brno hl.n.



Legenda

- | | | | |
|---|--------------------|--|-------------------------|
| — | 1-Expres | ○ | Brzdění - vlakova cesta |
| — | 2-R rychly | ○ | Brzdění k navestidlu |
| — | 3-R pomalu | ○ | Brzdění k vystraze |
| — | 4-Os hlavní | ○ | Zastavení u navestidla |
| — | 5-Os vedlejší | ○ | Pozdni příjezd |
| — | 6-Nakladni rychly | ○ | Pozdni odjezd |
| — | 7-Nakladni stredni | ○ | Pozdni prujezd |
| — | 8-Nakladni pomaly | | |

RS Přerov - Brno hl.n. (podzemí)



Legenda

- | | | | |
|---|--------------------|---------------------------------------|-------------------------|
| — | 1-Expres | ○ | Brzdění - vlakova cesta |
| — | 2-R rychly | ○ | Brzdění k navestidlu |
| — | 3-R pomalu | ○ | Brzdění k vystraze |
| — | 4-Os hlavni | ○ | Zastavení u navestidla |
| — | 5-Os vedlejsi | ○ | Pozdni prijezd |
| — | 6-Nakladni rychly | ○ | Pozdni odjezd |
| — | 7-Nakladni stredni | ○ | Pozdni prujezd |
| — | 8-Nakladni pomaly | | |

Příloha č.4

Splněné grafikonky ze simulace „s vlivem nepravidelností“

Seznam traťových úseků:

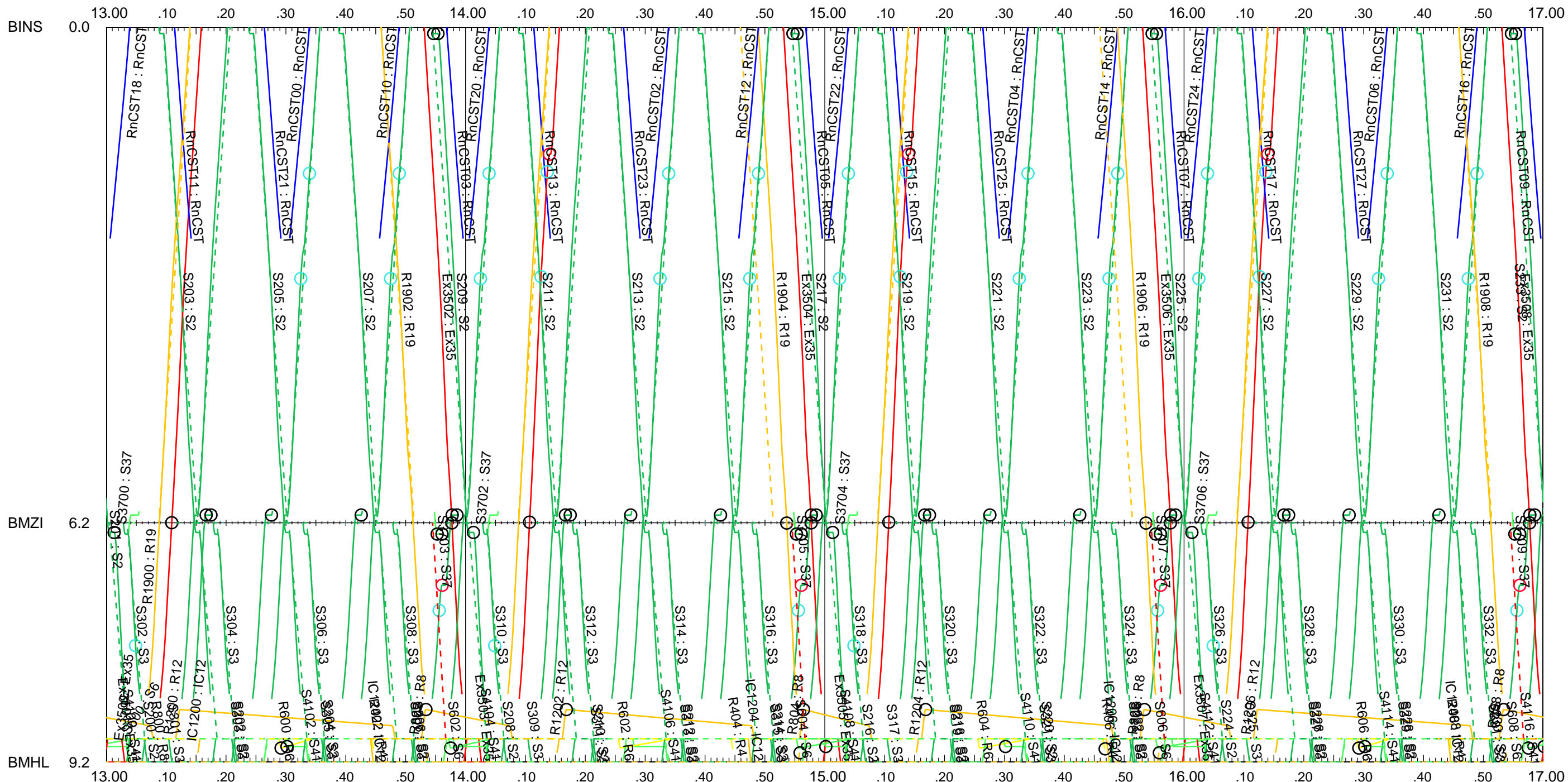
Bílovice nad Svitavou – Brno-Maloměřice (ND)
 Bílovice nad Svitavou – Brno hlavní nádraží
 Brno-Královo Pole – Brno hlavní nádraží
 Brno-Královo Pole – Brno-Maloměřice (ND)
 Chrlice – Brno hlavní nádraží
 Modřice – Brno hlavní nádraží
 Modřice – Brno-Maloměřice (Nákladní průtah)
 Šlapanice centrum – Brno hlavní nádraží
 Šlapanice centrum – Brno-Židenice
 Starý Lískovec – Brno hlavní nádraží
 RS Praha – Brno hlavní nádraží
 RS Přerov – Brno hlavní nádraží
 RS Přerov – Brno hlavní nádraží (podzemí)
 RS Vranovice – Brno hlavní nádraží

Seznam stanic a použitých zkratk:

BINS	Bílovice nad Svitavou
BIVA	Brněnské Ivanovice
BLET	Letiště Brno-Tuřany
BMCE	Brno-Černovice
BMCO	Brno-Černovice Olomoucká
BMCS	Brno-Černovice Slatinská
BMCT	Brno-Černovice Tábořská
BMCZ	Brno-Černovická Terasa
BMHA	Brno hl.n. (severní koleje)
BMHE	Brno-Heršpice
BMHL	Brno hl.n.
BMHN	Brno-Heršpice nákladní spojka
BMHP	Brno hl.n. podzemní koleje
BMJI	Brno jih
BMKO	Brno-Komárov
BMKP	Brno-Královo Pole
BMLE	Brno-Lesná
BMMA, BMMS1, BMMS2	Brno-Maloměřice
BMMS3	Brno-Maloměřice St. 3
BMMS6	Brno-Maloměřice St. 6
BMNP	Odbočka Nákladní průtah
BMSL	Brno-Slatina
BMST	Brno-Štýřice
BMVI	Brno-Vídeňská
BMZI	Brno-Židenice
HOLA	Holásky
CHAJ	Černovický Hájek
CHRL	Chrlice

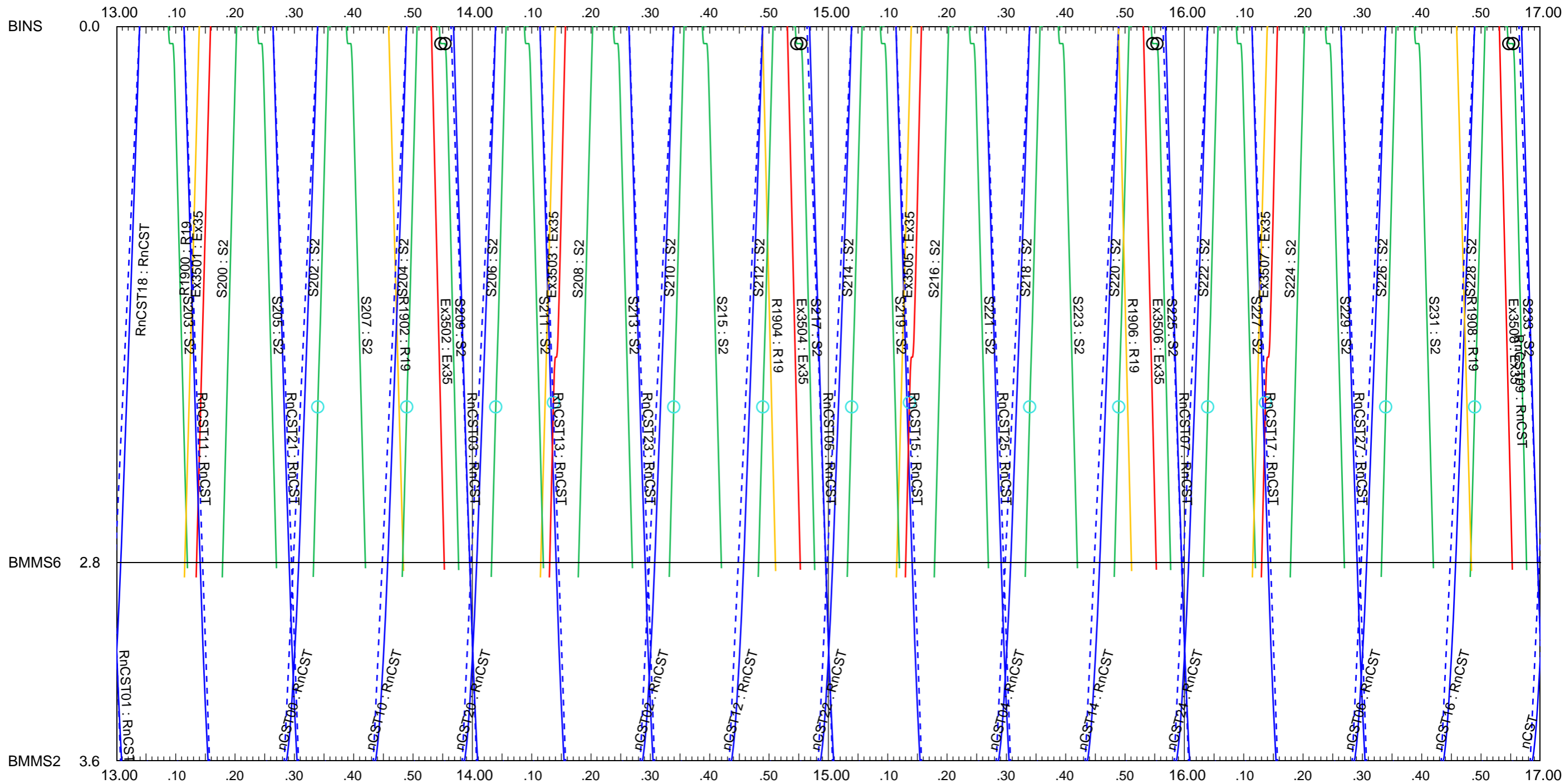
MODR	Modřice
ONA	Odstavné nadraží A
ONB	Odstavné nadraží B
OSLP	Odbočka Šlapanice Průmyslová
SLAC	Šlapanice centrum
SLIS	Starý Lískovec
ZUPH	km 201,000 RS Praha
ZUPR	km 21,000 RS Přerov
ZUST	km 149,685 směr Střelice

Bílovice nad Svitavou - Brno hl.n.



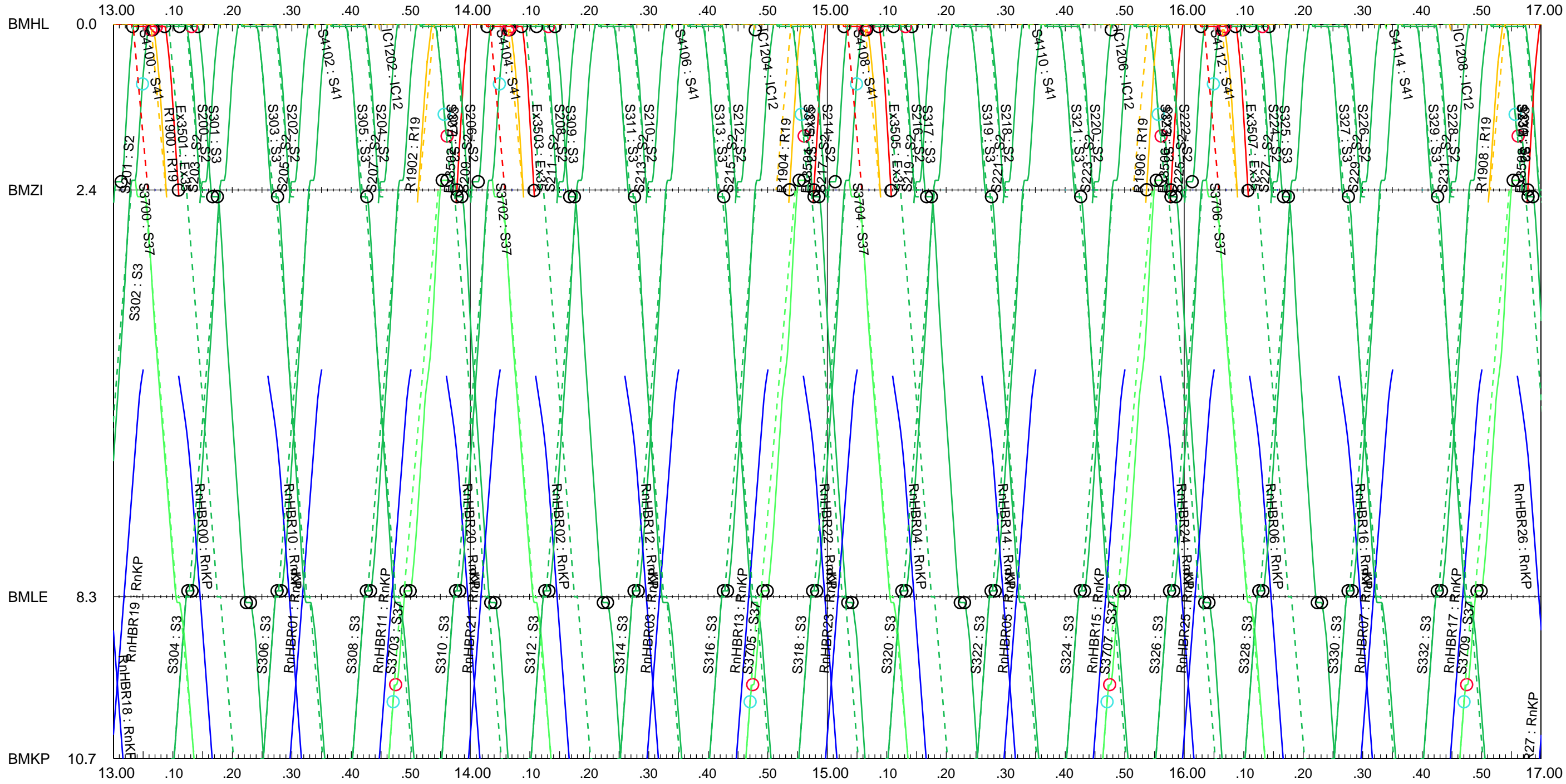
- Legenda
- | | |
|----------------------|---------------------------|
| — 1-Expres | ○ Brzdeni - vlakova cesta |
| — 2-R rychly | ○ Brzdeni k navestidlu |
| — 3-R pomalu | ○ Brzdeni k vystraze |
| — 4-Os hlavní | ○ Zastaveni u navestidla |
| — 5-Os vedlejsi | ○ Pozdni prijезд |
| — 6-Nakladni rychly | ○ Pozdni odjezd |
| — 7-Nakladni stredni | ○ Pozdni prujezd |
| — 8-Nakladni pomaly | |

Bílovice nad Svitavou - Brno-Maloměřice

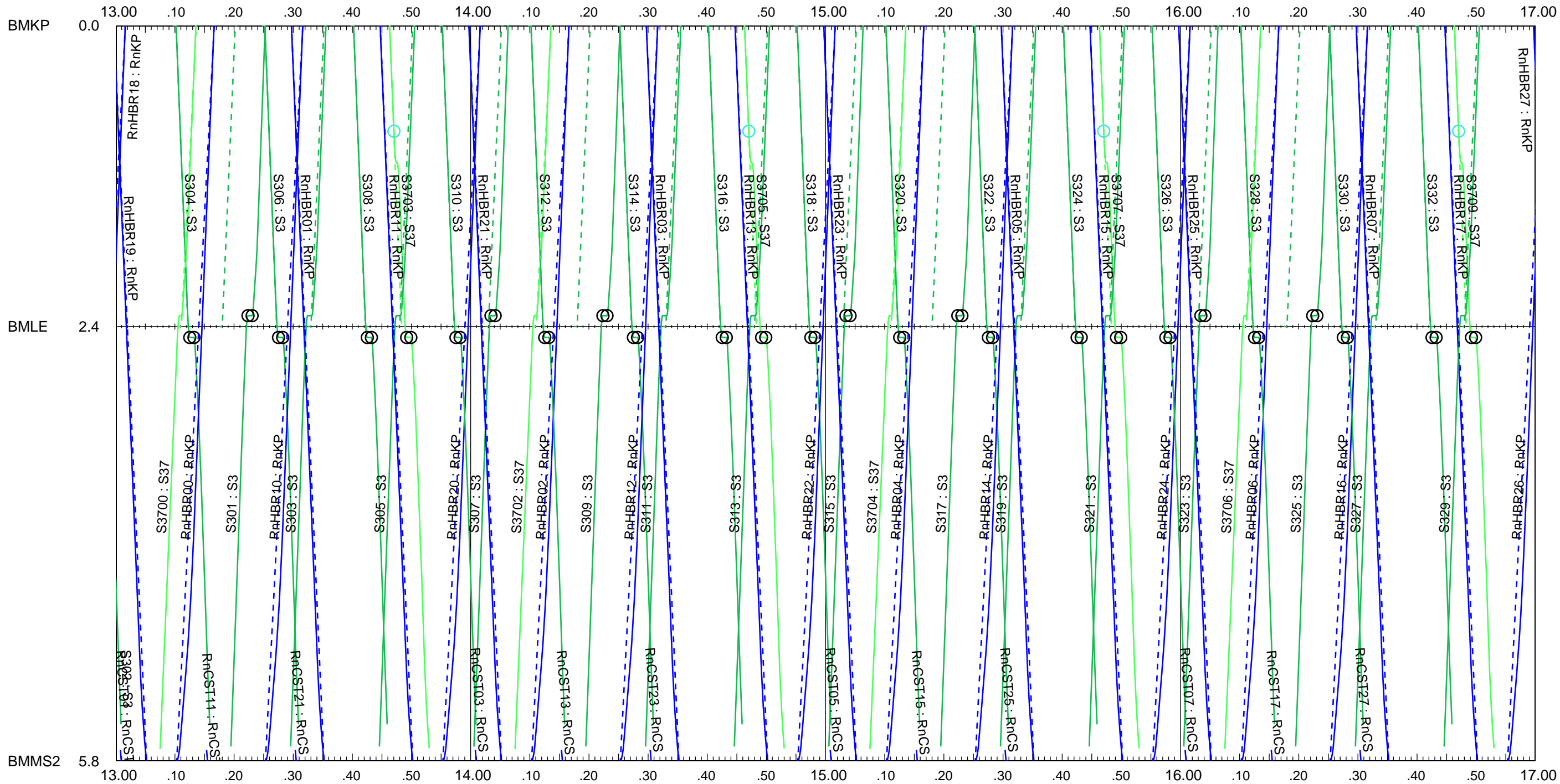


- Legenda
- 1-Expres
 - 2-R rychle
 - 3-R pomalu
 - 4-Os hlavni
 - 5-Os vedlejsi
 - 6-Nakladni rychle
 - 7-Nakladni stredni
 - 8-Nakladni pomaly
 - Brzdeni - vlakova cesta
 - Brzdeni k navestidlu
 - Brzdeni k vystraze
 - Zastaveni u navestidla
 - Pozdni prizezd
 - Pozdni odjezd
 - Pozdni prujezd

Brno hl.n. - Brno-Královo Pole



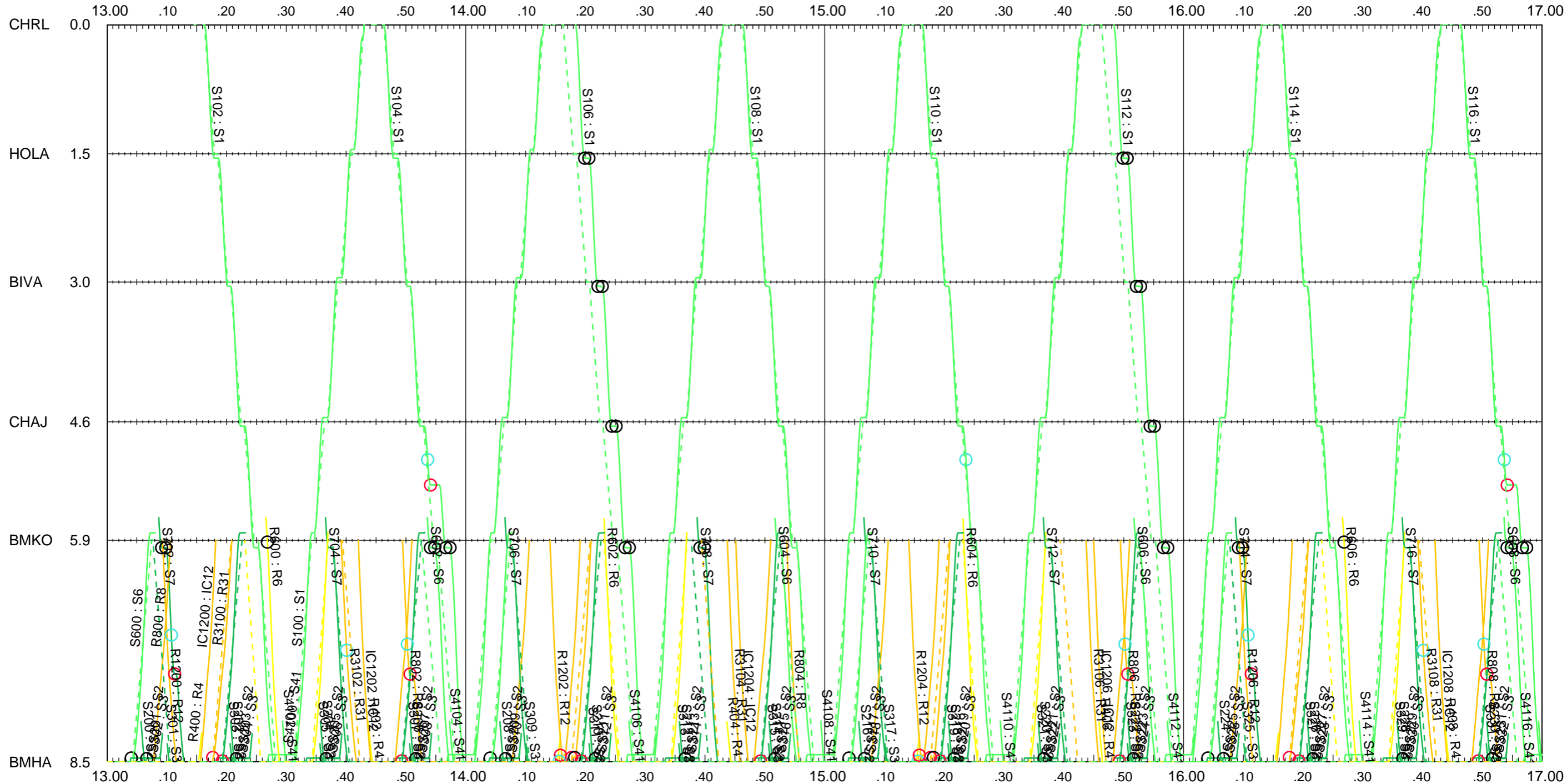
Brno-Královo Pole - Brno-Maloměřice



Legenda

- | | |
|--|---|
| — 1-Expres | ○ Brzdeni - vlakova cesta |
| — 2-R rychly | ○ Brzdeni k navestidlu |
| — 3-R pomalu | ○ Brzdeni k vystraze |
| — 4-Os hlavni | ○ Zastaveni u navestidla |
| — 5-Os vedlejsi | ○ Pozdni prijezd |
| — 6-Nakladni rychly | ○ Pozdni odjezd |
| — 7-Nakladni stredni | ○ Pozdni prujezd |
| — 8-Nakladni pomaly | |

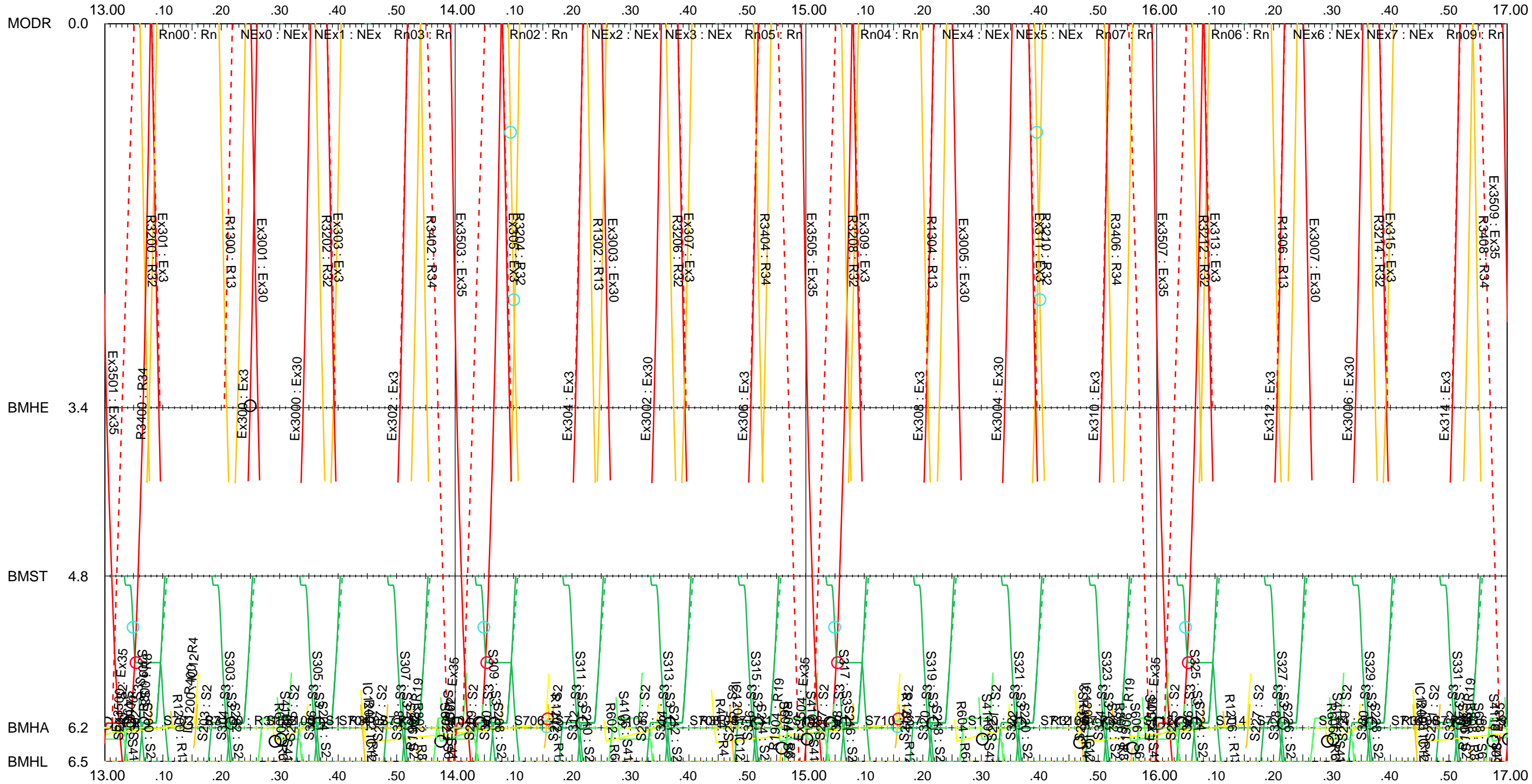
Chrlice - Brno hl.n.



Legenda

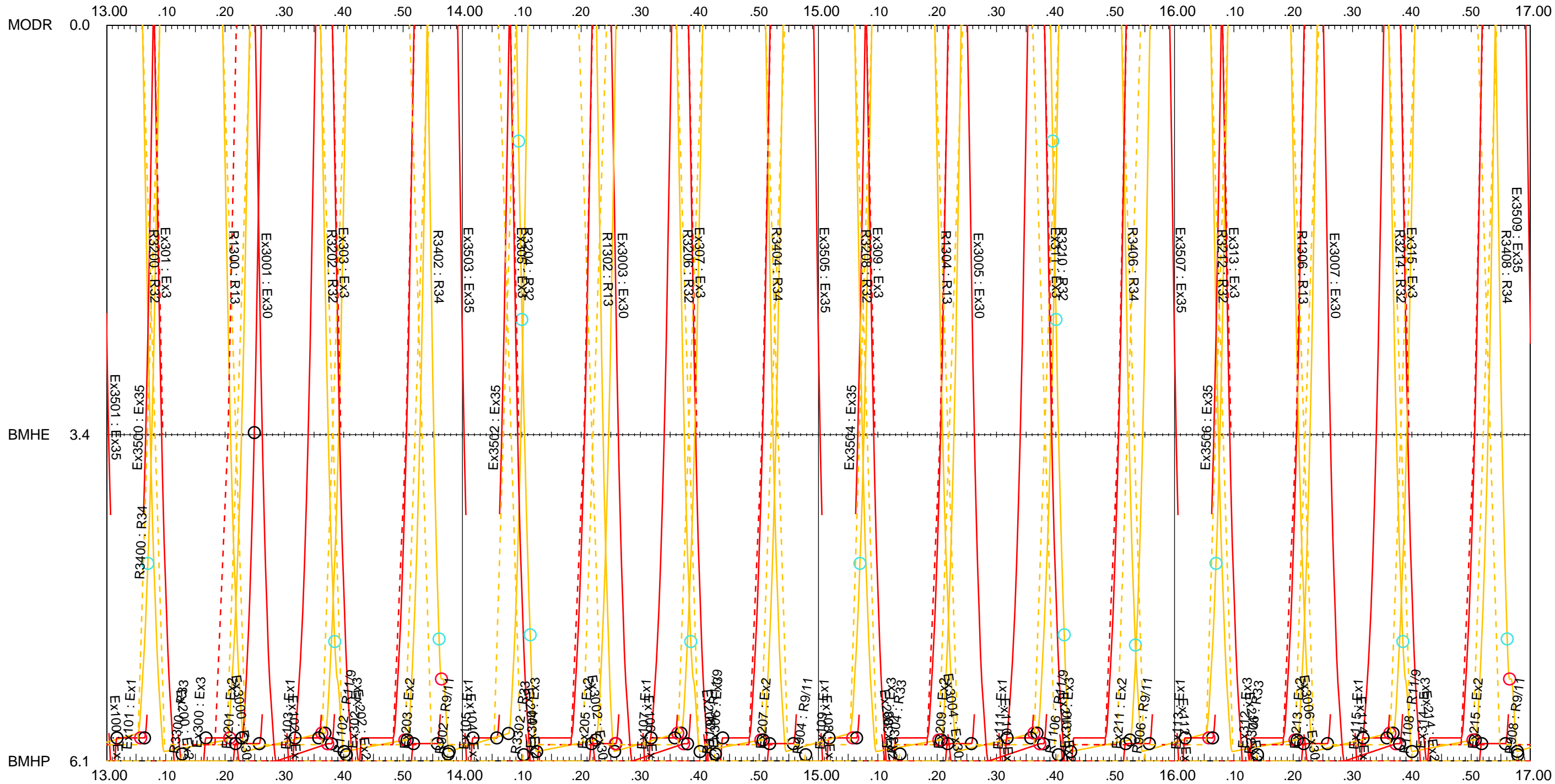
- | | |
|---|---|
| — 1-Expres | ○ Brzdeni - vlakova cesta |
| — 2-R rychly | ○ Brzdeni k navestidlu |
| — 3-R pomalu | ○ Brzdeni k vystraze |
| — 4-Os hlavni | ○ Zastaveni u navestidla |
| — 5-Os vedlejsi | ○ Pozdni prijezd |
| — 6-Nakladni rychly | ○ Pozdni odjezd |
| — 7-Nakladni sredni | ○ Pozdni prjezd |
| — 8-Nakladni pomalu | |

Modřice - Brno hl.n.



- Legenda
- 1-Expres
 - 2-R rychly
 - 3-R pomalu
 - 4-Os hlavni
 - 5-Os vedlejsi
 - 6-Nakladni rychly
 - 7-Nakladni stredni
 - 8-Nakladni pomaly
 - Brzdění - vlakova cesta
 - Brzdění k navěstidlu
 - Brzdění k vystraze
 - Zastavení u navěstidla
 - Pozdni prijезд
 - Pozdni odjезд
 - Pozdni prujезд

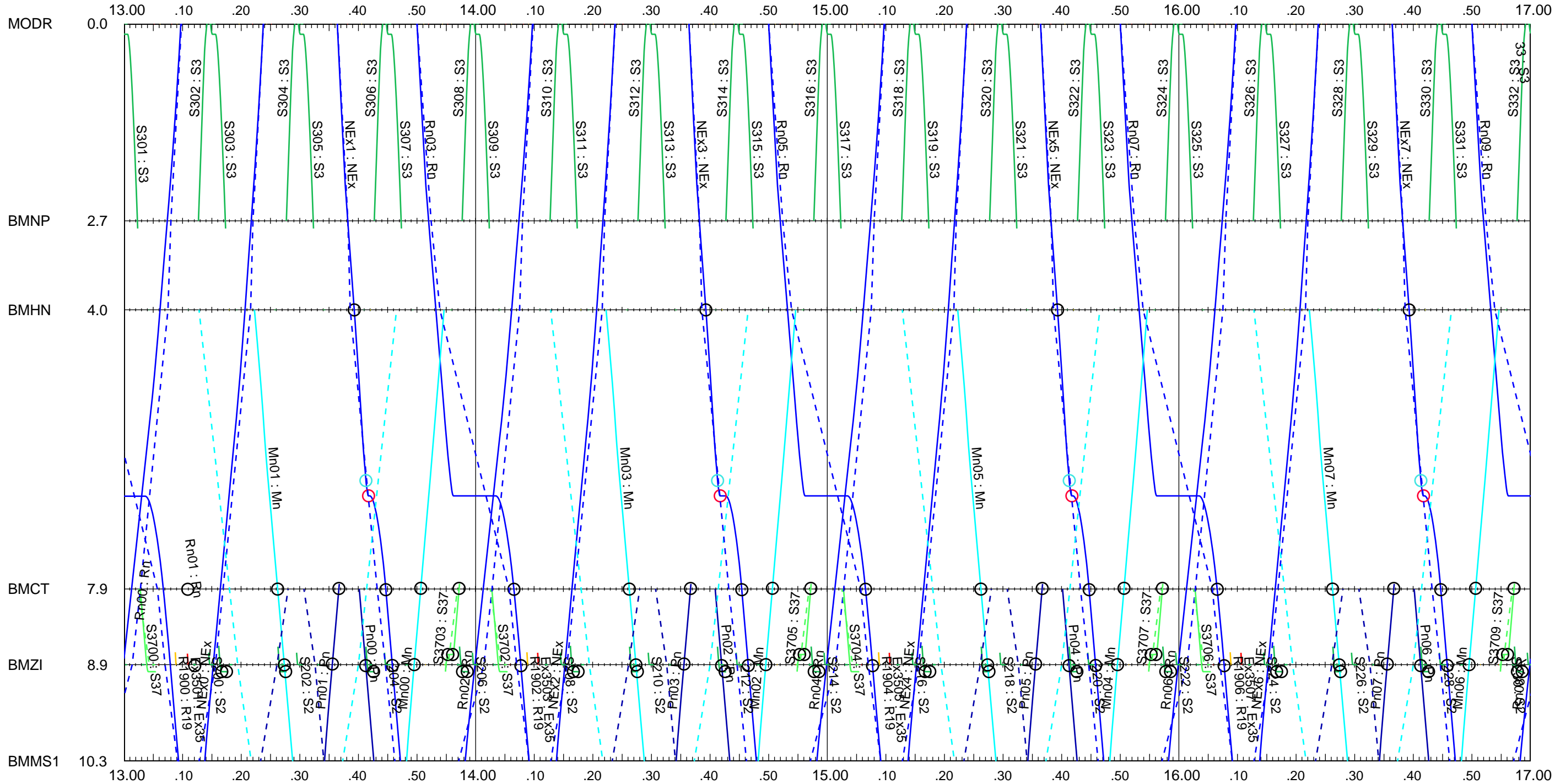
RS Modřice - Brno hl.n.



Legenda

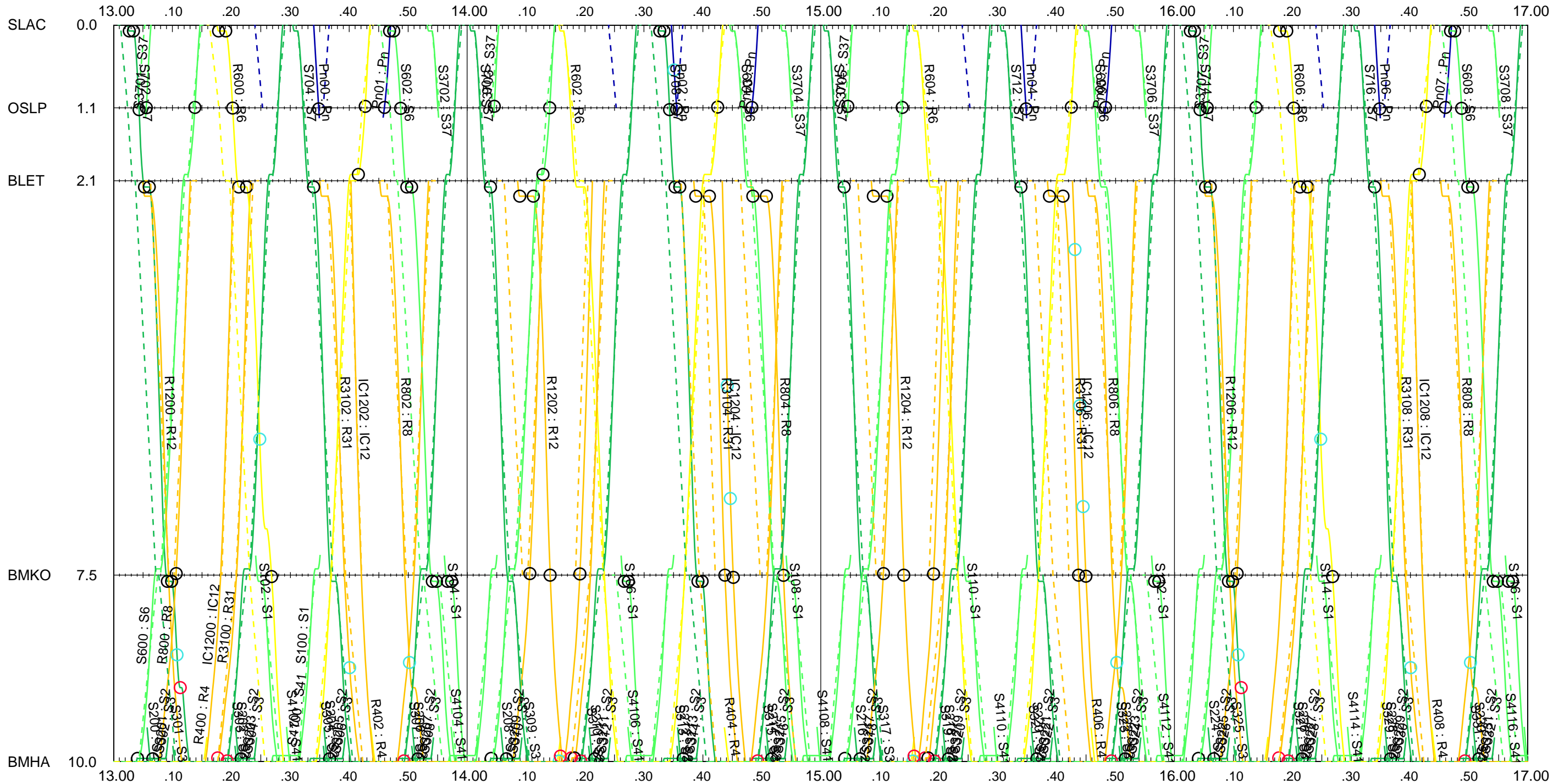
- | | |
|--|---|
| — 1-Expres | ○ Brzdeni - vlakova cesta |
| — 2-R rychly | ○ Brzdeni k navestidlu |
| — 3-R pomalu | ○ Brzdeni k vystraze |
| — 4-Os hlavni | ○ Zastaveni u navestidla |
| — 5-Os vedlejsi | Pozdni prijezd |
| — 6-Nakladni rychly | Pozdni odjezd |
| — 7-Nakladni stredni | Pozdni prujezd |
| — 8-Nakladni pomaly | |

Modřice - Brno-Maloměřice (Nákladní průtah)



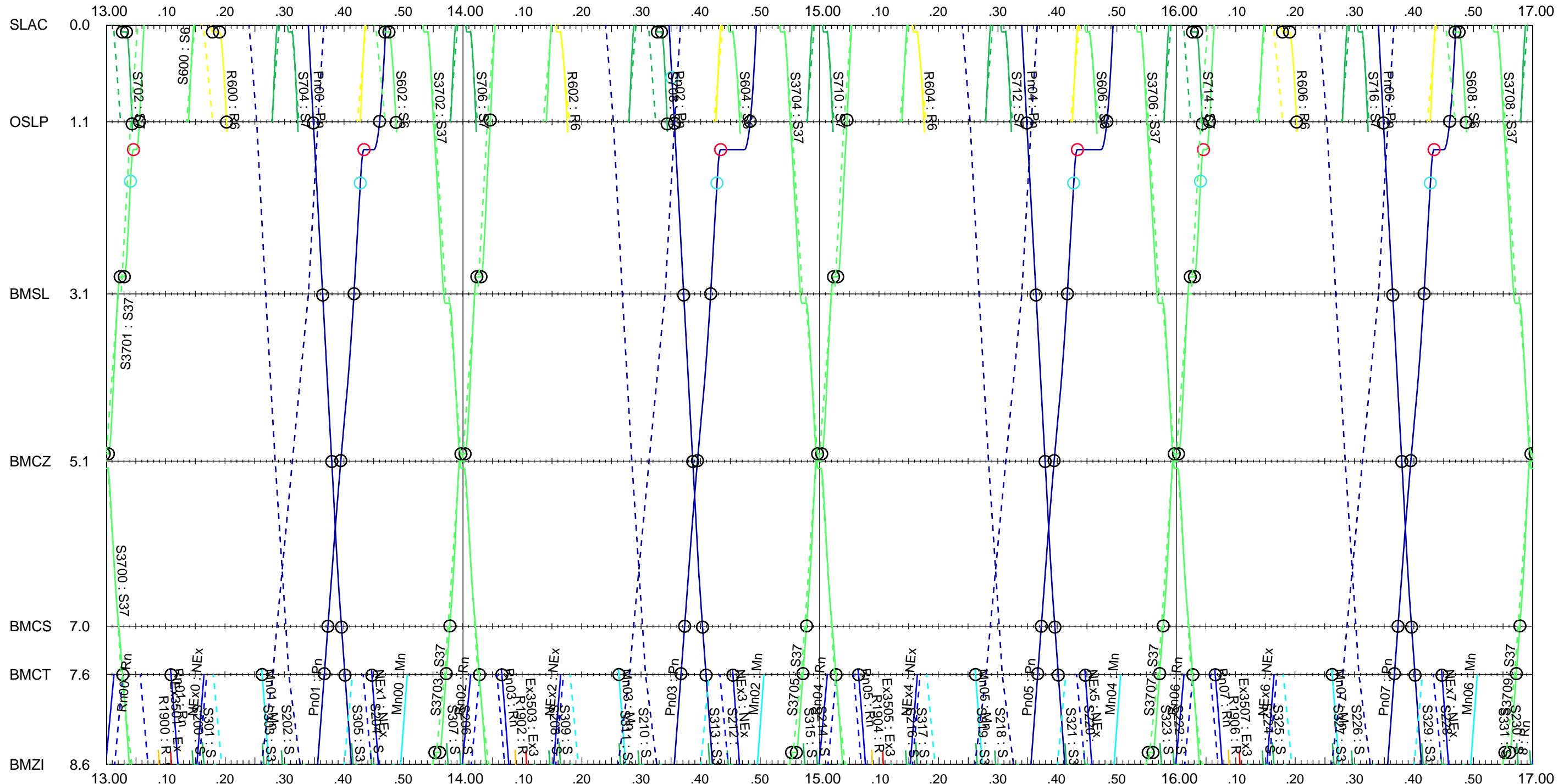
- Legenda**
- | | | | |
|--|--------------------|---------------------------------------|-------------------------|
| — | 1-Expres | ○ | Brzdeni - vlakova cesta |
| — | 2-R rychly | ○ | Brzdeni k navestidlu |
| — | 3-R pomalu | ○ | Brzdeni k vystraze |
| — | 4-Os hlavni | ○ | Zastaveni u navestidla |
| — | 5-Os vedlejsi | ○ | Pozdni prijezd |
| — | 6-Nakladni rychly | ○ | Pozdni odjezd |
| — | 7-Nakladni stredni | ○ | Pozdni prujezd |
| — | 8-Nakladni pomaly | | |

Šlapanice centrum - Brno hl.n.



- Legenda
- 1-Expres
 - 2-R rychly
 - 3-R pomalu
 - 4-Os hlavni
 - 5-Os vedlejsi
 - - - 6-Nakladni rychly
 - - - 7-Nakladni stredni
 - - - 8-Nakladni pomaly
 - Brzdeni - vlakova cesta
 - Brzdeni k navestidlu
 - Brzdeni k vystraze
 - Zastaveni u navestidla
 - Pozdni prijezd
 - Pozdni odjezd
 - Pozdni prujezd

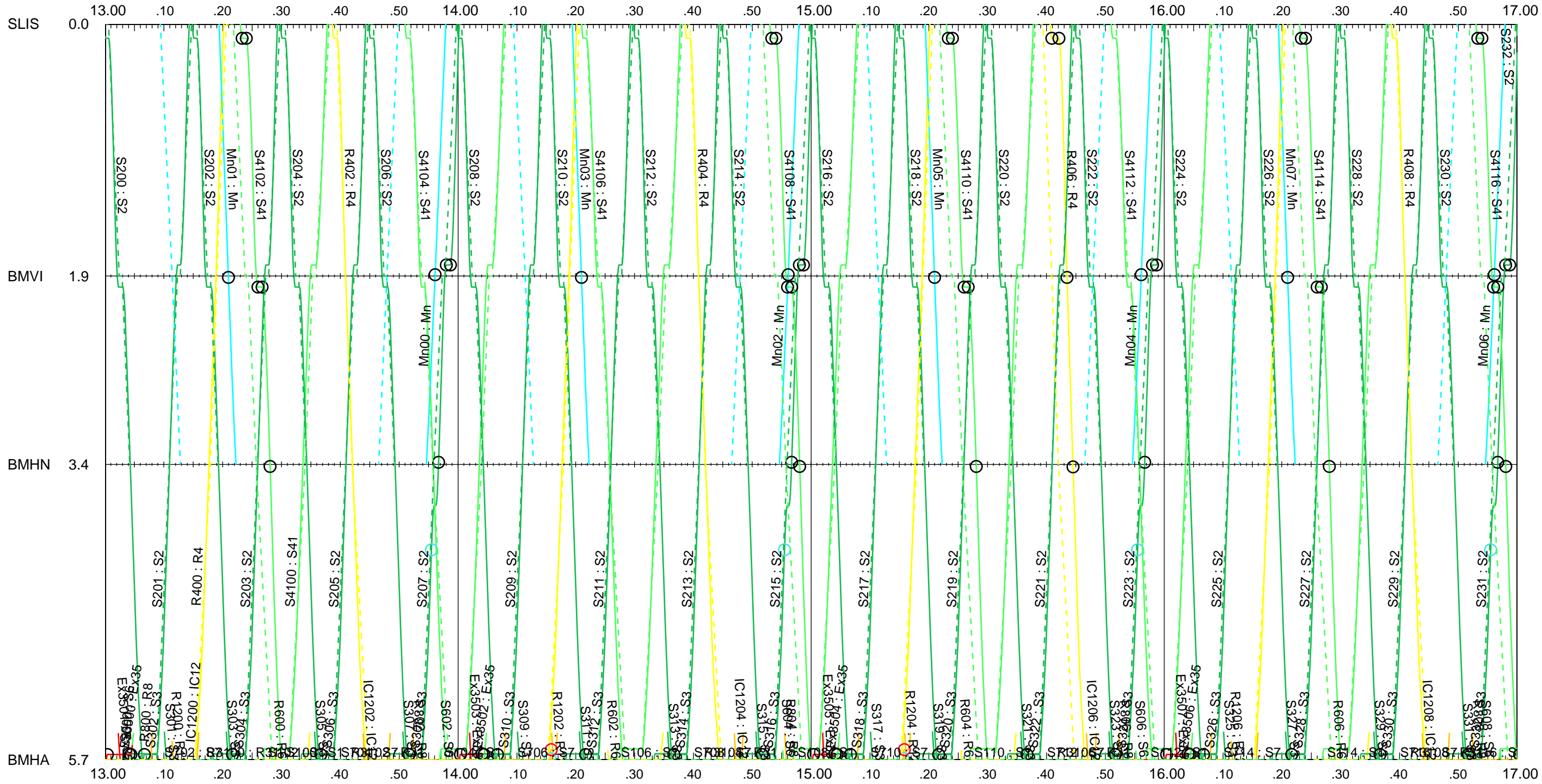
Šlapanice centrum - Brno-Židenice



Legenda

- | | | | |
|---|--------------------|---------------------------------------|-------------------------|
| — | 1-Expres | ○ | Brzdění - vlakova cesta |
| — | 2-R rychly | ○ | Brzdění k navěstidlu |
| — | 3-R pomalu | ○ | Brzdění k vystraze |
| — | 4-Os hlavni | ○ | Zastavení u navěstidla |
| — | 5-Os vedlejsi | ○ | Pozdni prijezd |
| — | 6-Nakladni rychly | ○ | Pozdni odjezd |
| — | 7-Nakladni stredni | ○ | Pozdni prujezd |
| — | 8-Nakladni pomaly | | |

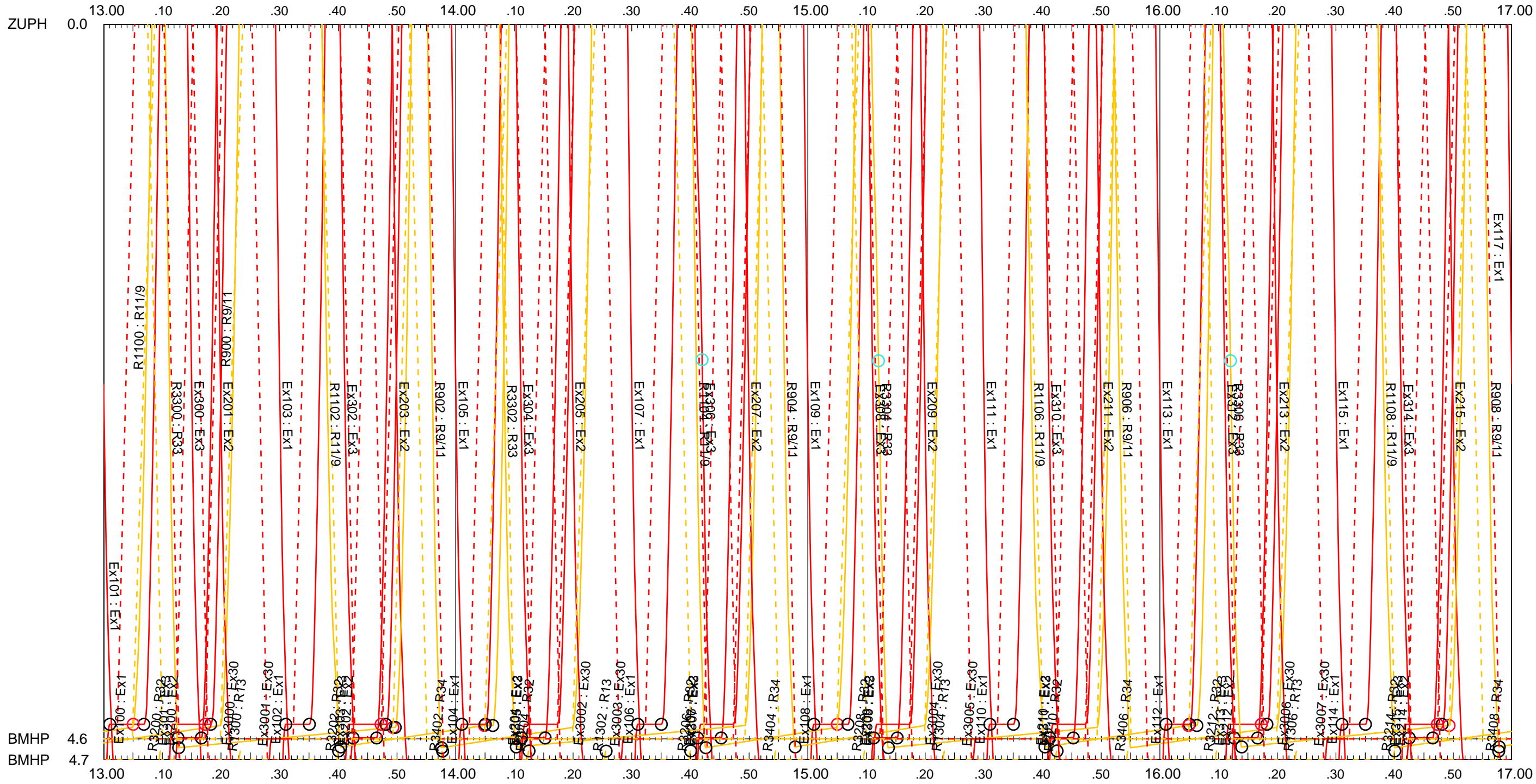
Starý Lískovec - Brno hl.n.



Legenda

- | | |
|--|---|
| — 1-Expres | ○ Brzdeni - vlakova cesta |
| — 2-R rychly | ○ Brzdeni k navestidlu |
| — 3-R pomalu | ○ Brzdeni k vystraze |
| — 4-Os hlavni | ○ Zastaveni u navestidla |
| — 5-Os vedlejsi | ○ Pozdni prijезд |
| — 6-Nakladni rychly | ○ Pozdni odjezd |
| — 7-Nakladni stredni | ○ Pozdni prujezd |
| — 8-Nakladni pomaly | |

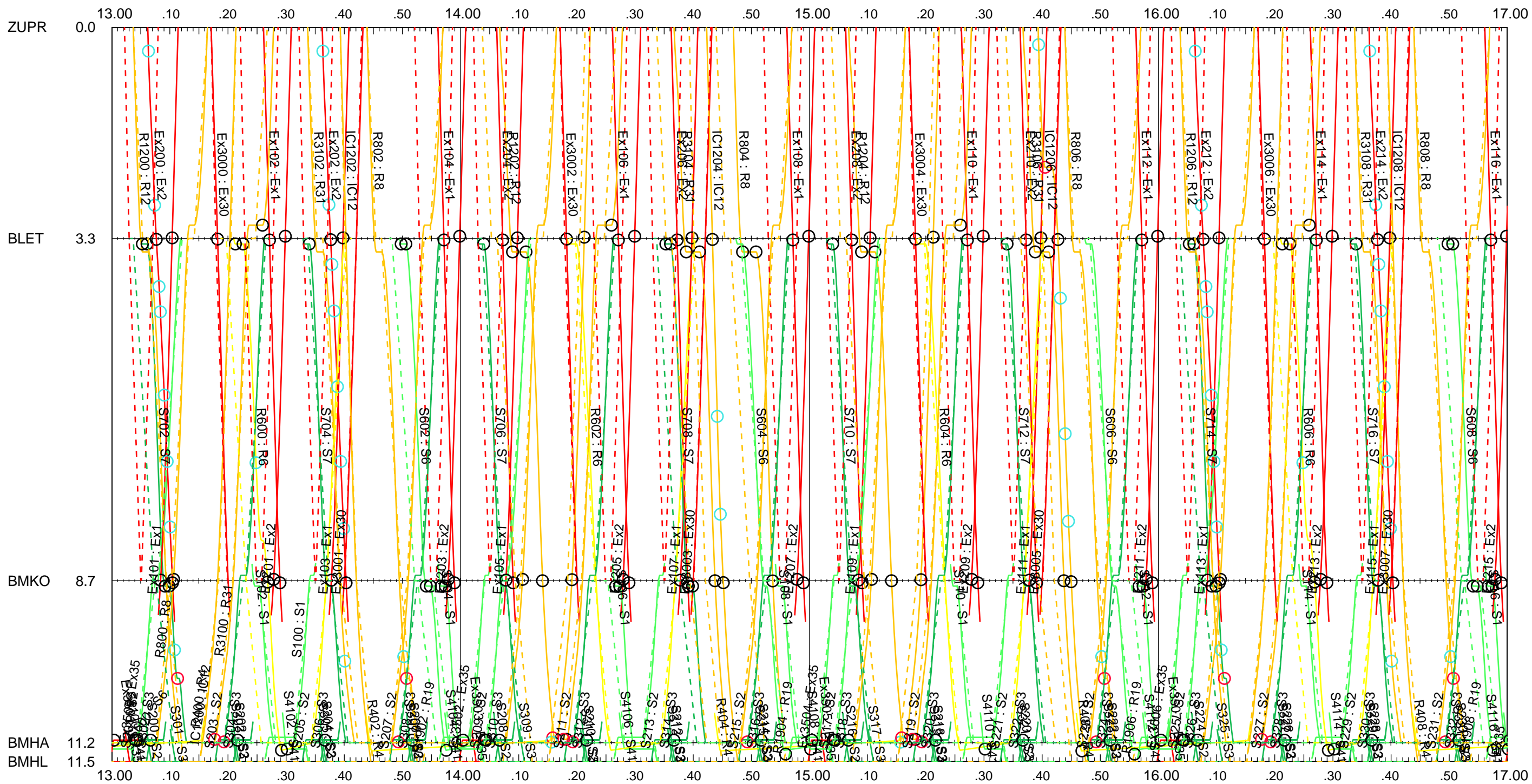
RS Praha - Brno hl.n.



Legenda

- | | |
|--|---|
| — 1-Expres | ○ Brzdění - vlakova cesta |
| — 2-R rychly | ○ Brzdění k navěstidlu |
| — 3-R pomalu | ○ Brzdění k vystraze |
| — 4-Os hlavní | ○ Zastavení u navěstidla |
| — 5-Os vedlejší | ○ Pozdní příjezd |
| — 6-Nakladní rychly | ○ Pozdní odjezd |
| — 7-Nakladní střední | ○ Pozdní průjezd |
| — 8-Nakladní pomalu | |

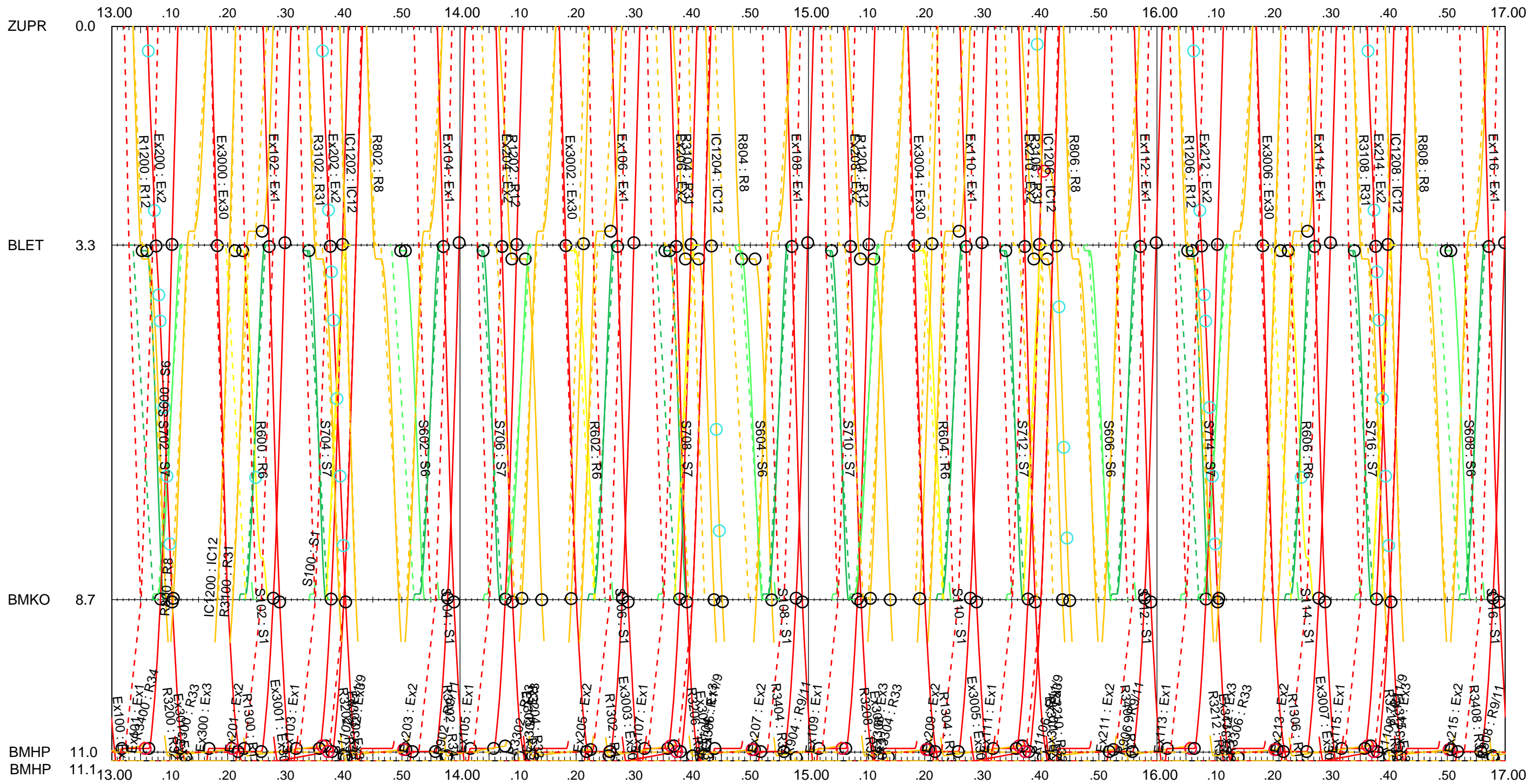
Přerov - Brno hl.n.



Legenda

- | | |
|--|---|
| — 1-Expres | ○ Brzdeni - vlakova cesta |
| — 2-R rychle | ○ Brzdeni k navestidlu |
| — 3-R pomalu | ○ Brzdeni k vystraze |
| — 4-Os hlavni | ○ Zastaveni u navestidla |
| — 5-Os vedlejsi | ○ Pozdni prijezd |
| — 6-Nakladni rychle | ○ Pozdni odjezd |
| — 7-Nakladni stredni | ○ Pozdni prujezd |
| — 8-Nakladni pomaly | |

Přerov - Brno hl.n. (podzemí)



Legenda

- | | |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> 1-Expres 2-R rychle 3-R pomalu 4-Os hlavní 5-Os vedlejší 6-Nakladní rychle 7-Nakladní střední 8-Nakladní pomalu | <ul style="list-style-type: none"> Brzdění - vlaková cesta Brzdění k navěstidlu Brzdění k vystraze Zastavení u navěstidla Pozdní příjezd Pozdní odjezd Pozdní průjezd |
|--|--|

Příloha č.5

Zobrazení jízd vlaků vybraných linek

Graf zobrazuje jízdy referenčních spojů vybraných linek (S3 a S37 s největším nárůstem zpoždění) přes všechny scénáře zpoždění dle kapitoly 7.

Legenda:

Černá – realizovaná jízda vlaku

Zelená – plánovaná jízda vlaku dle jízdního řádu

Žlutá – průměrná jízda vlaku (medián)

Červená – 90% kvantil

